This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

AS
242
.B891

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

Library of the University of Michigan
Bought with the income
of the
Ford - Messer
Bequest

AS
242
.B891

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1901

BRUXELLES
HAYEZ, IMPRIMEUR DE L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE
Rue de Louvain, 112

1901

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1901. — N° 1.

Séance du 5 janvier 1901.

M. Ch. Lagrange, directeur pour 1900, occupe le fauteuil.

M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Jos. De Tilly, *directeur* pour l'année 1901; G. Dewalque, Brialmont, Éd. Dupont, Éd. Van Beneden, C. Malaise, F. Folie, Fr. Crépin, G. Van der Mensbrugghe, W. Spring, Louis Henry, M. Mourlon, P. Mansion, P. De Heen, C. Le Paige, F. Terby, Léon Fredericq, J.-B. Masius, J. Neuberg, A. Lancaster, A.-F. Renard, L. Errera, *membres;* Ch. de la Vallée Poussin, *associé;* M. Delacre, Pol. Francotte,

127763

Ch.-J. de la Vallée Poussin, Paul Pelseneer et Ém. Laurent, *correspondants*.

M. Ch. Van Bambeke écrit qu'une indisposition l'empêche d'assister à la séance.

CORRESPONDANCE.

M. Émile Laurent, élu correspondant, et M. Ernest Cesàro, élu associé, expriment par écrit leurs remerciements.

— M. Fernand Jacobs, fondateur et président de la Société belge d'astronomie, remercie pour le prix Mailly qui lui a été décerné.

— Le Comité du cinquième Congrès international des physiologistes annonce que les réunions se tiendront à Turin les 16-19 septembre 1901.

— M. le Secrétaire perpétuel fait savoir que — à la suite de l'invitation faite depuis la dernière séance par le Comité pour l'inauguration du monument élevé à Francesco Brioschi — il a prié M. Schiaparelli, de Milan, de se faire, en cette circonstance, l'organe de l'Académie. — Approuvé.

— M. le Ministre de l'Agriculture envoie, pour la bibliothèque de l'Académie, un exemplaire de l'ouvrage : *Service des agronomes de l'État. Monographie agricole de la région du Condroz.*

— Remerciements.

— Hommages d'ouvrages :

Sur les trois principes fondamentaux ou axiomes, ou hypothèses de la mécanique rationnelle (inertie, indépendance, réaction); par Jos. De Tilly;

Le Congrès international de physique réuni à Paris du 6 au 12 août 1900; par le P. Lucas;

L'industrie du tissage du lin dans la Flandre; par Ernest Dubois.

— Remerciements.

— Travaux manuscrits renvoyés à l'examen :

1° *Études sur des Gastropodes pulmonés;* par Paul Pelseneer, 58 pages de texte, 36 de notes et 14 planches. Commissaires : MM. Van Beneden et Van Bambeke;

2° *Première application du théorème nouveau de mécanique : théorie mathématique des bicycles et des machines en dérivées (sic)*; par Eug. Ferron. Commissaires : MM. F. Deruyts, De Tilly et Mansion;

3° *Détermination de trois classes particulières de surfaces de translation;* par Émile Merlin. Commissaires : MM. Jacques Deruyts, Mansion et Neuberg;

4° *Contribution à l'étude des situations atmosphériques accompagnant le brouillard en Belgique;* par E. Vanderlinden. Commissaires : MM. Lancaster et Terby.

— M. P. Van de Kerckhof, auteur d'une note *Sur la circulation dans le cercle artériel de Willis,* présentée dans la séance du 7 juillet 1900, exprime le désir de rentrer en possession de son travail. — Accordé.

ÉLECTIONS.

La Classe procède à l'élection de son directeur pour l'année 1902. Les suffrages se portent sur M. Éd. Van Beneden, lequel exprime ses remerciements pour cette marque de confraternité. M. Van Beneden vient, en conséquence, prendre place au Bureau.

M. Lagrange, en installant au fauteuil présidentiel M. le général De Tilly, directeur pour 1901, remercie ses confrères pour leur concours sympathique et bienveillant, qui lui a permis, dit-il, de remplir son mandat pendant l'année écoulée. Il emporte, ajoute-t-il, cette conviction que la recherche de la vérité surmonte tout, et il fait des vœux pour que l'Académie, qui a déjà vu trois siècles, continue ses constants progrès.

M. le général De Tilly, comme organe de la Classe, remercie M. Lagrange pour la manière dont il s'est acquitté de ses fonctions. Il réitère ses remerciements personnels pour le mandat que la Classe a bien voulu lui confier de nouveau. Il adresse ensuite un dernier hommage à la mémoire des membres qui ont disparu depuis 1887, année où il a eu, pour la première fois, l'honneur, dit-il, de faire partie du Bureau.

RAPPORTS.

Sur la proposition de M. Ch. Lagrange, le *Bulletin* renfermera une note intitulée : *Nouvelles mesures du mur*

sud de la grande galerie de la grande Pyramide de Cheops; par C. Caratheodory, ancien élève de l'École militaire de Belgique.

—

Sur l'isopropanol-amine $H_3C - CH(OH) - CH_2(NH_2)$; par Edgar Peeters, docteur en sciences.

Rapport de M. Louis Henry, premier commissaire.

« Soumises à l'action des réducteurs hydrogénants, les *nitro-paraffines* se transforment en *amines* du même ordre. Il était à prévoir que, dans les mêmes conditions, les alcools nitrés se transformeraient en amines-alcools, composés à fonctions mixtes d'un puissant intérêt, mais relativement peu étudiés jusqu'ici.

J'ai déjà fait connaître (1) que l'expérience avait confirmé cette prévision.

Des recherches sont entreprises en ce moment dans mon laboratoire sur cet objet, depuis l'an dernier. M. Edgar Peeters s'est occupé, de son côté, de la réduction de l'*alcool nitro-isopropylique* $H_3C - CH(OH) - CH_2(NO_2)$, produit de la condensation de l'*éthanal* avec le *nitro-méthane*. De tous les alcools nitrés, c'est, non pas le plus important, mais celui qui s'obtient le plus aisément. Il en a obtenu l'*amino-isopropanol* $H_3C - CH(OH) - CH_2(NH_2)$.

La méthode qui lui a donné les meilleurs résultats,

---

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), n° 7, p. 591, année 1900.

quoique ceux-ci restent encore fort loin du rendement intégral, est la réduction par l'étain et l'acide chlorhydrique ordinaire.

M. Edgar Peeters décrit, dans ses propriétés fondamentales, l'amino-isopropanol, produit de cette réaction.

C'est un beau liquide, incolore et quelque peu épais, bouillant à la température de 160°-161°; c'est le point d'ébullition que lui assigne son analogie avec divers composés de même structure et notamment avec le glycol propylénique ordinaire.

Il en décrit divers sels et notamment le *picrate*, qui est un beau composé, susceptible de former des cristaux de grande dimension. Il est à regretter que M. Peeters n'ait pas eu à sa disposition le nouveau réactif de M. A. Knorr pour les amines : l'*acide picrolonique*. Son travail était terminé lorsqu'un échantillon de ce composé précieux est arrivé en ma possession, grâce à l'obligeante libéralité de son auteur.

Le travail de M. Peeters a été fait avec soin et habileté. Quoique relativement peu étendu, je le regarde comme une contribution fort intéressante à la connaissance d'une classe de corps presque nouveaux et d'un intérêt si considérable.

J'ai l'honneur de proposer à la Classe l'insertion de la note de M. Edgar Peeters dans le *Bulletin* de ses séances. »

M. Spring, second commissaire, déclare se rallier bien volontiers, dit-il, à cette proposition, qui est adoptée par la Classe.

—

Note sur l'hibernation des chauves-souris;
par Hector Rulot.

Rapport de M. Léon Fredericq, premier commissaire.

« L'auteur a étudié les phénomènes de la nutrition chez la chauve-souris en état d'hibernation, par une série de déterminations de glycogène, de graisse, d'albumine, d'eau, de résidu sec, etc., échelonnées de novembre 1899 à avril 1900. Il est arrivé à une série de données intéressantes et en partie nouvelles; je signalerai notamment le fait inattendu que le glycogène ne joue chez les chauves-souris qu'un rôle insignifiant comme réserve nutritive. Je propose à la Classe d'imprimer la note de M. Rulot dans son *Bulletin.* »

Cette proposition, à laquelle déclare se rallier M. J.-B.-V. Masius, second commissaire, est adoptée par la Classe.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

M. Renard donne lecture de la seconde partie de son travail fait en collaboration avec M. Arctowski : *Sur les sédiments rapportés par la « Belgica ».*

La Classe en décide l'impression dans le recueil des *Mémoires* in-8°.

Les mois de novembre et de décembre 1900; par F. Folie, membre de l'Académie.

Peut-être n'a-t-on pas vu, durant tout le siècle, des mois de novembre et décembre aussi doux que ceux de 1900. Sans une gelée intempestive survenue vers le 20 octobre, et qui a arrêté la végétation des plantes délicates (capucine, dahlia, canna), celles-ci auraient certainement fleuri jusqu'à la fin de décembre.

Dans les environs de Liége, il y avait encore, après la Noël, des fleurs et des boutons sur quantité de plantes en plein air : coquelicot, souci, réséda, violette, pensée, fraisier, muret, quarantaine, rosiers du Bengale et hybrides.

Les ajoncs épineux étaient en pleine floraison à Tilff, et maints arbustes (sureau, chèvrefeuille) avaient encore à cette même date de nouvelles feuilles parfaitement vertes.

Toutefois les bourgeons de la plupart des arbres, et notamment ceux des arbres fruitiers, ne se sont heureusement pas développés.

Durant ce mois de décembre, on a vu également voler divers insectes (coléoptères, lépidoptères, hyménoptères), ainsi que la chauve-souris.

Au 10 janvier, le tussilage pas-d'âne était en fleur aux bords de la Meuse.

Ces faits m'ont paru assez rares pour mériter une brève mention.

—

Sur l'isopropanol-amine $H_3C - CH(OH) - CH_2(NH_2)$;
par Edgar Peeters, docteur en sciences.

Il y a quelques années, M. Louis Henry a fait connaître une méthode remarquable de préparation synthétique d'alcools nitrés, à savoir la condensation des aldéhydes aliphatiques avec les nitro-paraffines (*).

Cette méthode est du genre le plus pratique; aussi la classe des alcools nitrés, à peine entrevue jusque-là, est-elle représentée aujourd'hui par un nombre assez notable de composés divers.

Les nitro-paraffines se transforment, comme on sait, en *amines* par voie de réduction hydrogénée. On pouvait prévoir que les *alcools nitrés* se transformeraient, dans les mêmes conditions, en *amines-alcools*.

La réaction paraissait devoir être avantageuse en ce sens qu'elle ne pouvait fournir en fait d'*amines* qu'un composé renfermant le groupement $H_2N - C$ - correspondant au groupement *carbo-nitré* $NO_2 - \overset{|}{\underset{|}{C}}$ -.

L'expérience a pleinement confirmé cette prévision, et aujourd'hui la classe si intéressante des composés *amines-alcools*, représentée jusqu'ici presque exclusivement par l'*éthanol-amine* de Knorr, $(HO)CH_2 - CH_2(NH_2)$, est en voie de se constituer largement.

J'ai reçu de M. Louis Henry la tâche de soumettre à la réduction, non le plus simple, mais le plus aisé à obtenir des *alcools nitrés*, le *nitro-isopropanol*, $H_3C - CH(OH)$

(*) Voir les *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, à partir de 1895.

- $CH_2(NO_2)$, produit de la condensation de l'éthanal $H_3C - CH = O$ avec le nitro-méthane $H_3C - NO^2$ (*).

J'ai d'abord mis en œuvre la méthode de Béchamp que Victor Meyer a employée avec succès (**) pour transformer le nitro-éthane en éthylamine, le fer en présence de l'acide acétique aqueux.

L'introduction du nitro-propanol, par petites portions successives, dans ce mélange détermine une réaction des plus vives. Il est nécessaire de refroidir soigneusement. La réaction est terminée alors que l'on cesse de percevoir l'odeur irritante de l'alcool nitré; 20 grammes de celui-ci ont nécessité environ 70 grammes de fer et une dizaine d'heures de réaction.

L'introduction d'une lessive de soude caustique dans la masse liquide y détermine la formation d'un précipité considérable d'hydroxyde ferrique qui enveloppe l'alcool-amine mise en même temps en liberté. On chasse celui-ci par la distillation. Les eaux alcalines sont saturées par de l'acide chlorhydrique et doucement évaporées pour en diminuer le volume.

(*) Ces recherches ont été faites en partie pendant l'été de 1900.

Dans une notice présentée à l'Académie royale des sciences de Belgique, dans sa séance du mois d'août 1900 et insérée au *Bulletin* de cette séance, page 591, M. Louis Henry annonce que j'ai obtenu par voie de réduction l'*isopropanol-amine*, éb. 160° sous pression ordinaire, de l'*alcool isopropylique mononitré* $CH_3 - CH\ OH) - CH_2(NO_2)$.

Je tiens à constater ce fait parce que dans le *Bulletin de la Société chimique de Berlin*, séance du 8 octobre 1900, page 2825, M. Édouard Strauss fait connaître qu'il a obtenu l'*amino-propanol* (2 - 1) par la réduction de l'*isonitro-acétone* $CH_3 - CO - CH = N(OH)$. M. Strauss mentionne d'ailleurs en note la réaction que j'ai réalisée et le point d'ébullition que j'ai attribué à mon *isopropanol-amine*.

(**) Liebig's, *Annalen der Chemie*, t. CLXXI, p. 22.

L'amine-alcool est chassée à nouveau de son sel par un alcali. On l'extrait de sa solution aqueuse par l'alcool en présence du carbonate potassique. L'expulsion de l'alcool par la distillation laisse l'amine-alcool à l'état d'hydrate. Quelques distillations fractionnées, exécutées avec soin, permettent de l'obtenir à l'état anhydre.

Je n'ai obtenu, en suivant cette méthode, que des résultats médiocrement satisfaisants, environ 15 °/₀ du rendement théorique.

La réduction par l'étain et l'acide chlorhydrique aqueux m'a donné de meilleurs résultats : le rendement s'est élevé jusqu'à 40 °/₀.

On opère comme il a été indiqué précédemment, sauf que l'on remplace, pour saturer d'abord l'acide chlorhydrique et décomposer le sel stanneux, les alcalis par de la chaux hydratée.

L'analyse de l'*isopropanol-amine* $H_3C - CH(OH) - CH_2(NH_2)$ ainsi obtenue a fourni les résultats suivants :

I. 0gr,1420 de substance ont donné 0gr,2506 de CO_2 et 0gr,1642 de H_2O.

II. 0gr,1501 de substance ont donné 0gr,2676 de CO_2 et 0gr,1690 de H_2O.

III. 0gr,0600 de substance ont annoncé par HCl titré 0gr,0111 d'azote.

D'où l'on déduit :

		Calculé °/₀.	Trouvé °/₀.		
C. . .	36 . . .	48.01	48.12	48.61	
H . .	9 . . .	12.00	12.87	12.43	
N. . .	14 . . .	18.67	»	»	18.50
O. . .	16 . . .	»	»	»	
	75				

L'*isopropanol-amine* constitue un liquide incolore, plus ou moins épais, d'une odeur fade de poisson, d'une saveur légèrement caustique.

Sa densité à l'état liquide est égale, à 18°, à 0.973.

Elle bout fixe, sous la pression de 750 millimètres, à 160°-171°, toute la colonne mercurielle dans la vapeur.

C'est le point d'ébullition que lui assigne l'analogie. Il y a, en effet, entre l'éthanol-amine de Knorr et l'isopropanol-amine, les mêmes relations de composition qu'entre le glycol *éthylénique* et le glycol *isopropylénique*.

$(HO)CH_2 - CH_2(OH)$	Éb. 197°		
$H_3C - CH(OH) - CH_2(OH)$	188°		− 9°
$(HO)CH_2 - CH_2(NH_2)$	Éb. 171°		
$H_3C - (HO)CH - CH_2(NH_2)$	161°		− 10°

On voit que la *méthylisation* du fragment $(HO)CH_2$ - exerce dans les deux composés la même influence sur la volatilité du produit primitif.

J'ai pris la densité de la vapeur de ce corps dans différentes circonstances.

A. D'abord par la méthode de Hofmann à diverses températures.

1° Dans la vapeur d'eau à 100°.

Substance	0gr,0210
Pression barométrique . . .	740mm
Mercure soulevé	624mm
Tension de la vapeur . . .	116mm
Volume de la vapeur . . .	78cc

La densité trouvée est 1.86.

2° Dans la vapeur d'alcool amylique à 130°.

Substance	0gr,0210
Pression barométrique . . .	740mm
Mercure soulevé	607mm
Tension de la vapeur . . .	133mm
Volume de la vapeur . .	80cc

La densité trouvée est 1.71.

3° Dans la vapeur d'aniline à 185°.

Substance	0gr,0210
Pression barométrique . . .	740mm
Mercure soulevé	562mm
Tension de la vapeur . . .	178mm
Volume de la vapeur . . .	90cc

La densité trouvée est 1.27.

La densité calculée pour le poids moléculaire 75 est 2.59.

On voit par la comparaison de ces chiffres que, dans ces conditions, la vapeur de l'isopropanol-amine est dissociée. Cette dissociation peut s'opérer dans deux sens :

a) Aux dépens du composant alcool (HO)CH, pour fournir de l'eau et de l'allyl-amine :

$$H_3C - CH(OH) - CH_2(NH_2) = H_2O + H_2C = CH - CH_2(NH_2).$$

b) Plus probablement aux dépens des composants alcool (OH) $\overset{|}{C}H$ et amine (H_2N) $\overset{|}{C}H_2$ simultanément, pour fournir de l'eau et de la *propylène-imine :* $H_3C\text{-}\underbrace{CH\text{-}CH_2}_{NH}$

$$H_3C - CH(OH) - CH_2(NH_2) = H_2O + CH_3 - \underbrace{CH - CH_2}_{NH}$$

Quoi qu'il en soit, la densité de la vapeur pour une dissociation totale correspond à 1.29.

On voit qu'il en est ainsi à la température d'ébullition de l'aniline, à 185°. La dissociation n'est que partielle à 100° et à 130°; on voit aussi qu'elle atteint une fraction d'autant plus considérable de la molécule que la température est plus élevée.

B. Par la méthode cryoscopique, dans l'eau, à l'aide de l'appareil de Beckmann.

I. 0gr,1019 de substance, en solution dans 25 grammes d'eau, ont déterminé un abaissement dans le point de congélation de 0°,10.

II. 0gr,2150 de substance, dans les mêmes conditions, ont provoqué un abaissement de 0°,21.

Ces indications correspondent respectivement à un poids moléculaire de 77 et 77.4.

Le poids moléculaire vrai, correspondant à H_5C - (HO) HC - $CH_2(NH_2)$, est 75.

L'isopropanol-amine forme avec l'eau un hydrate à la façon des amines. On voit que cet hydrate est complètement dissocié dans ces conditions.

C. Par la méthode de Meyer à la température d'ébullition de l'aniline.

J'ai trouvé, par deux fois, pour la densité de la vapeur 3.72 et 3.82, le volume gazeux, recueilli et mesuré sur l'eau à la température de 18°, étant, pour 0gr,133 de substance, respectivement 29cc,2 et 28cc,6.

On voit que ces chiffres dépassent notablement la densité normale 2.59, correspondant à la formule

$$H_3C - CH(OH) - CH_2(NH_2).$$

Il est permis d'admettre que le composé, à la fois

amine et *alcool*, se combine avec lui-même pour former des molécules complexes.

Une molécule double, la plus simple susceptible d'exister, correspondrait à un poids moléculaire 150 et à une densité de vapeur 5.18. Cela étant, il faut admettre que, sous la pression ordinaire, la dissociation de ces molécules doubles se produit dans une mesure déjà considérable.

L'indice de réfraction de ce corps, pris dans l'appareil de Pulfrich à 18°, a été trouvé égal à 1.45; ce qui correspond, pour l'indice de réfraction moléculaire, à 20.73. La théorie demande 21.63.

L'isopropanol-amine se dissout aisément dans l'eau en s'échauffant et en produisant, selon toute vraisemblance, un hydrate. Elle se dissout aussi dans l'alcool en toutes proportions, mais elle est presque totalement *insoluble dans l'éther* ordinaire.

L'isopropanol-amine cumule dans sa molécule les propriétés des *alcools* et des *amines*.

Le *chlorure de benzoyle* $H_5C_6 - COCl$ — réaction de Baumann-Schotten — permet de mettre, en un coup, ces caractères en évidence. On en obtient le dérivé *dibenzoïque* $\begin{matrix} H_2C - NH(CO - C_6H_5) \\ CH_3 - HC - O(CO - C_6H_5) \end{matrix}$ qui cristallise en lames légères, très solubles dans l'alcool et dans la pétroléine à chaud, moins solubles dans l'éther et presque insolubles dans l'eau.

Ce corps fond à 87°.

Son analyse a fourni les résultats suivants :

I. 0gr,1821 de substance ont donné 0gr,4761 de CO_2 et 0gr,1288 de H_2O.

II. 0gr,1350 de substance ont fourni 0gr,3508 de CO_2.

III. 0gr,2794 de substance, selon la méthode de Kjeldahl, ont donné 0gr,1434 d'azote.

IV. 0gr,2775 de substance ont fourni, dans les mêmes conditions, 0gr,01419 d'azote.

D'où l'on déduit :

		Calculé °/o.	Trouvé °/o.			
C_{17} . . .	204 . . .	72.07	71.31	70.94		
H_{17} . . .	17 . . .	6.00	7.85	»		
N	14 . . .	4.94	»	»	5.13	5.11
O	48 . . .	»	»	»		

Le chlorhydrate de l'*isopropanol-amine* s'unit au chlorure platinique pour former un sel jaune, fusible vers 195°, très peu soluble dans l'éther, plus soluble dans l'alcool, mais aisément soluble dans l'eau. J'ai trouvé 34.32 °/o et 34.42 °/o de platine. La formule

$$\left(H_3C-CH(OH)-CH_2(NH_2),\ HCl\right)_2\ PtCl_4$$

en demande 34.95.

L'*isopropanol-amine* s'ajoute à l'*acide picrique* pour former un beau sel susceptible de cristalliser en gros cristaux jaunes, peu solubles dans l'éther, la benzine et l'eau, assez solubles dans l'alcool et fondant vers 142°.

Je n'ai pas pu obtenir de sels cristallins avec l'acide acétique ni avec l'acide nitrique.

Ce travail a été fait au laboratoire de chimie organique de l'Université de Louvain. Je me fais un devoir d'exprimer ma reconnaissance à MM. les professeurs Louis et Paul Henry pour la bienveillance efficace qu'ils m'ont témoignée dans le cours de ces recherches.

Louvain, le 22 novembre 1900.

Note sur l'hibernation des chauves-souris; par Hector Rulot, étudiant en médecine.

Les modifications de quantité subies par la masse de glycogène pendant le sommeil hibernal ont été l'objet d'un grand nombre de recherches, et les animaux pris comme sujets d'expérience ont été jusqu'à présent les marmottes et grenouilles d'hiver.

Certains auteurs ont aussi étudié les modifications de la proportion de glycogène pendant la métamorphose des vers à soie.

Chez une même espèce animale, la marmotte, par exemple, les expérimentateurs ne sont pas encore tous d'accord sur les changements qui se produisent pendant l'hibernation.

Claude Bernard (*), qui a fait les premières observations, admet que la proportion de glycogène augmente pendant le sommeil hibernal, et que cette substance disparaît très vite dès que l'animal se réveille.

Cette réserve de glycogène est, pour C. Voit (**), aussi forte que celle observée chez les animaux bien nourris, et elle est due à la destruction de la graisse et des matières albuminoïdes.

Les recherches d'Aeby (***) semblent confirmer celles

(*) Claude Bernard, *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XLVIII, pp. 673-684, Paris.

(**) C. Voit. *Zeitschrift für Biologie*, 1878, Bd XIV, p. 118.

(***). Aeby, *Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie*, 1875, Bd IV, p. 184.

des deux auteurs précités. En effet, il a trouvé chez les marmottes beaucoup de glycogène pendant l'hiver.

R. Dubois (*) dit avoir vérifié le fait, déjà signalé par Cl. Bernard, que le glycogène s'accumule dans le foie pendant la torpeur de la marmotte et disparaît très rapidement au moment du réveil (mais il ne donne aucun résultat d'expériences).

Une série de recherches faites par Schiff et E. Külz donne des résultats tout différents.

Schiff (**) ne trouve plus de glycogène chez une marmotte ayant succombé pendant l'hibernation. Le glycogène trouvé chez ces animaux, vers la fin de l'hiver, est considéré par E. Külz (***) comme un reste de glycogène emmagasiné pendant l'automne, et non comme du glycogène de nouvelle formation.

Les grenouilles d'hiver ont également servi dans un grand nombre d'expériences, et les résultats obtenus sont aussi contradictoires que ceux recueillis chez les marmottes.

Les recherches de Luchsinger (IV) tendent à prouver que, chez les grenouilles d'hiver, le glycogène a complètement disparu vers la fin de l'hibernation, et déjà en 1875, le premier, il nous montre l'analogie existant entre les animaux à sang chaud et les animaux à sang froid.

(*) Raphaël Dubois, *Comptes rendus de la Société de biologie*, 1891, t. XLVI, p. 219.

(**) Schiff, *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XLVIII, pp. 880-884.

(***) E. Külz, *Archiv für d. ges. Physiologie*, 1880, Bd XXIV, p. 64.

(IV) Luchsinger, *Dissert.* Zürich, 1875.

Au début de l'hibernation, Dewevre (*) trouve une notable proportion de glycogène, et il constate également que cette quantité diminue très lentement pour disparaître, en général, vers le troisième ou quatrième mois. D'après lui, il n'est pas permis d'assimiler et de comparer l'hibernation de la grenouille à celle des marmottes, et il appuie son assertion sur ce fait que les animaux à sang chaud deviennent diabétiques par l'hibernation, tandis que ce n'est pas le cas pour la grenouille d'hiver.

En 1898, Pflüger (**) entreprit de semblables recherches chez les grenouilles d'hiver. En mars 1898, il trouva chez le mâle de la *Rana fusca* une quantité considérable de glycogène : 0.992 %.

Un de ses élèves, Athanasiu (***), commença alors une série de recherches chez la même espèce animale. Cet auteur a publié une courbe de la proportion de glycogène, courbe présentant un maximum en automne et un minimum en été. Il a également constaté qu'au printemps, le foie contenait plus de glycogène que les muscles. Pour Athanasiu, il existerait pour le glycogène comme pour toutes les substances nutritives, une relation entre la quantité produite et la quantité employée, usée. La proportion de glycogène pourra donc augmenter par suite d'une plus grande production ou bien par un usage moins grand ; et en été, la consommation serait plus grande que la production, ce qui expliquerait le minimum observé

(*) Dewevre, *Comptes rendus de la Société de biologie*. Paris, 1892, 9e sér., t. IV, pp. 19-21.

(**) Pflüger, *Archiv für d. ges. Physiologie*, 1898, Bd LXXI, pp. 318-332.

(***) Athanasiu, *Archiv für d. ges. Physiologie*, 1899, Bd LXXIV, p. 561.

pendant cette saison. La consommation considérable de glycogène pendant l'été aurait, dit Athanasiu, deux buts : d'abord satisfaire la fonction des organes, fonction qui est au maximum pendant cette période de l'année, et, ensuite, favoriser le dépôt de graisse dans l'organisme.

Athanasiu, comme E. Külz, considère le glycogène trouvé à la fin de l'hibernation comme un reste de la quantité emmagasinée en automne, reste existant encore grâce à la consommation faible de l'organisme pendant l'hiver.

Dans un travail récent, Pflüger (*) nous montre que dans l'inanition, la quantité de glycogène diminue d'une façon continue et progressive.

E. Couvreur et Bataillon (**) se sont occupés de rechercher les modifications chimiques que présentent les vers à soie. Ils ont observé que pendant la métamorphose la quantité de glycogène augmentait sans que les vers fussent nourris, et ils ont émis l'idée que les matériaux nécessaires à cette formation étaient fournis par la graisse.

L'animal hibernant que l'on se procure le plus facilement dans notre région est la chauve-souris. Ces animaux, pendant la période d'hibernation, se réunissent en assez grand nombre dans les grottes de Maestricht (***).

Les recherches que nous avons entreprises au laboratoire de physiologie de Liége ont porté surtout sur les

---

(*) Pflüger. *Archiv für d. ges. Physiologie*, 1899, Bd LXXVI, p. 544.

(**) E. Couvreur et Bataillon *Comptes rendus de la Société de biologie*, 1886, t. XLVII, pp 796-798.

(***) E. Delsaux, *Archives de biologie*, 1886, t. VII, p. 207.

Murins (*Vespertilio Murinus* auct.) et moins souvent sur le grand Fer-à-cheval (*Rhinolophus ferrum equinum* L.).

Les résultats donnés par ces derniers animaux concordent avec ceux des Murins. Mais comme ils ne sont pas assez nombreux, je les ai passés sous silence.

Il nous a paru intéressant de rechercher la perte de poids subie par les chauves-souris pendant l'hibernation, quels sont les éléments qui y prennent part, et dans quelles proportions. Dans ce but, il a été nécessaire de déterminer le poids moyen des chauves-souris aux différentes périodes de l'hiver. Ce poids moyen s'obtient de la manière suivante : à différentes époques de l'hibernation, on pèse ensemble un certain nombre de chauves-souris. Le poids global est divisé par le nombre d'animaux pesés. Dans le tableau suivant, nous avons inscrit les poids moyens des mâles et des femelles pris séparément ainsi que les moyennes des deux sexes. Pour le mois de février, nous n'avons que le poids moyen, qui est de 29gr,575 pour cinq chauves-souris pesées.

DATES.	POIDS MOYEN des mâles.	Nombre des Murins pesés.	POIDS MOYEN des femelles.	Nombre des Murins pesés.	POIDS MOYEN d'une chauve-souris.
	Grammes.		Grammes.		Grammes.
11 nov. 1899.	30.970	5	33.620	5	32.29
18 mars 1900.	25.025	5	27.925	5	26.476
23 avril 1900.	21.300	3	21.600	3	21.450

Ces chiffres nous montrent :

1° Que les chauves-souris mâles ont un poids moindre que celui des femelles ;

2° Que la perte totale du poids est plus forte pour les femelles que pour les mâles.

Nous voyons aussi qu'une chauve-souris perd en moyenne 33.57 °/₀ de son poids pendant une période d'hibernation. La perte totale de poids est en moyenne de 31.2 °/₀ pour les mâles et de 35.75 °/₀ pour les femelles.

Les éléments dont nous avons voulu étudier les modifications pendant le sommeil de l'hiver sont l'eau, la graisse et le glycogène.

Eau.

Après avoir haché finement les chauves-souris, on les place dans un ou plusieurs exsiccateurs jusqu'à ce que le poids reste constant.

Le tableau suivant renferme les résultats de ces expériences :

DATES.	POIDS total.	RÉSIDU sec.	EAU.	EAU °/₀.	DIFFÉRENCE d'eau en °/₀ entre deux séries successives.
	Grammes.	Grammes.	Grammes.		
11 novembre 1899.	157.39	68.608	88.692	57.1378	
					+ 1.499
11 février 1900. . .	118.3	49.5904	68.7096	58.6365	
					+ 1.7585
18 mars 1900 . . .	208.9	82.7257	126.1743	60 395	
					+ 3 145
23 avril 1900. . . .	20.7	7.5469	13.1531	63.54	

On constate à la lecture de ce tableau que la proportion centésimale d'eau contenue dans les chauves-souris augmente pendant l'hibernation, et que cette augmentation est progressive.

Graisse.

La première extraction que nous avons faite a été opérée suivant la méthode de Dormeyer (*). Cet auteur a démontré que l'extraction de la graisse est incomplète par la simple action de l'éther sur les muscles; aussi fait-il subir à ceux-ci une digestion dans du suc gastrique artificiel.

Mais la quantité de graisse que nous avons recueillie après cette opération ne représentait que les 2.52 % de la quantité de graisse déjà obtenue et les 1.109 % du poids des chauves-souris employées; cette opération supplémentaire nous occasionnant une grande perte de temps, nous avons procédé de la façon suivante : Les Murins hachés et desséchés sont placés dans un appareil de Graftiau (modification de l'extracteur Soxhlet). Ils sont soumis pendant douze heures à l'action de l'éther. Après ce temps, ils sont pulvérisés le plus finement possible et soumis de nouveau à l'action de l'éther. On répète trois fois ces opérations.

L'éther tenant la graisse en solution est ensuite distillé dans le même appareil, et le résidu solide obtenu est

(*) C. Dormeyer, *Archiv für d. ges. Physiologie*, 1896, Bd LXV, pp. 90-108.

placé dans un exsiccateur à H^2SO^4 jusqu'à constance de poids. Comme nous avons opéré chaque fois de la même manière, les résultats des différentes expériences peuvent être comparés, et ils ont été groupés dans le tableau suivant.

La proportion de graisse est beaucoup plus grande en novembre qu'en avril, et elle décroît progressivement jusqu'à la fin de l'hiver.

DATES.	Poids total.	Résidu sec.	Graisse.	% du poids total.	Différence.	% du poids du résidu sec.	Différence.
	Grammes	Grammes	Grammes		Pour cent		Pour cent
11 nov. 1899.	65.45	29.667	13.06 5	19.412		44.03	
					- 3 801		- 9.073
11 fév. 1900.	47.70	21 300	7.1469	15 611		34.957	
					- 5.414		- 9.159
18 mars 1900.	104.40	41.2995	10.6569	10.207		25.804	
					- 5.104		- 11.641
23 avril 1900.	20.70	7.5469	10.689	5 163		14.163	

Recherche du glycogène.

A la suite d'une série de recherches, Pflüger a montré que la méthode de Brücke et Külz ne donnait pas la quantité totale de glycogène contenu dans les organes. Il a proposé une nouvelle méthode qui, d'après lui, nous permettrait d'extraire complètement le glycogène des chauves-souris. Dans le présent travail, je me suis servi de cette méthode en la modifiant légèrement, et la modification y apportée a été faite par suite de la présence d'un excès de graisse dans les solutions de viande obtenues.

Les chauves-souris destinées à l'extraction du glycogène sont tuées par décapitation au moment même de leur capture. On les hache et on les soumet à l'ébullition dans une solution de KHO à 1 °/₀ jusqu'à ce que tout soit dissous. On laisse refroidir dans un entonnoir à séparation ; on agite le liquide avec l'éther. La graisse non saponifiée se dissout. La solution de viande ainsi obtenue est filtrée et le glycogène est précipité, après addition de 10 °/₀ d'iodure de potassium et de potasse caustique jusqu'à concurrence de 2 °/₀, par un demi-volume d'alcool. On filtre, on dissout le glycogène dans l'eau. On le purifie par la méthode de Brücke et Külz. Le dernier précipité est reçu sur un filtre taré, séché à l'étuve à air chaud entre 105° et 110°. Les résultats que nous avons obtenus ont attiré tout de suite notre attention, car les quantités de glycogène recueillies sont excessivement petites et pour ainsi dire presque pas dosables. Le tableau suivant le montre à l'évidence :

DATES.		Poids.	Glycogène.	Glycogène °/₀.	Différences
		Grammes.			Pour cent.
11 novemb. 1899.	Foie.	18.6	0 061	0.3274	
Id.	Muscles.	50.0	0.0202	0.0404	
Id.	Murins.	103.3	0.0711	0.0688	
11 février 1900. .	Murins.	91.2	0.0278	0 0304	- 0.0384
18 mars 1900. . .	Murins.	103.5	0.0147	0.01425	- 0.01615
23 avril 1900. . .	Murins.	61.1	0.0385	0.05913	+ 0.04488

Connaissant la consommation de graisse et d'albumine, nous avons pu calculer la quantité de CO^2 émise par kilogramme-heure.

La graisse contient en moyenne 0.761 % de carbone correspondant à 2.791 % d'anhydride carbonique. Outre la graisse, les chauves-souris consomment de l'albumine dont le carbone doit également donner du CO^2. Seulement une partie de ce carbone se retrouve à l'état d'urée dans les urines, et nous pouvons admettre que la quantité d'urée correspondant à 1 gramme d'albumine brûlée est d'environ $0^{gr},35$ (*).

D'aure part, l'albumine contenant environ 50 % de carbone et l'urée en contenant 0.20 %, 1 gramme d'albumine donnera

$$0^{gr},50 - \frac{0.20}{3} = 0^{gr},4334$$

de carbone correspondant à $1^{gr},5888$ de CO^2.

De novembre en février, c'est-à-dire en quatre-vingt-douze jours, une chauve-souris du poids moyen de $32^{gr},29$ a émis

$$1^{gr},8261 \times 2^{gr},791 = 5^{gr},0966$$

de CO^2 aux dépens de la graisse et

$$0^{gr},1038 \times 1^{gr},5888 = 0^{gr},1649$$

(*) L. Fredericq, *Éléments de physiologie humaine*, 4e édit., 1899, p. 200.

de CO^2 provenant de l'albumine. La production totale d'anhydride carbonique a été de 5gr,2615, ce qui fait par kilogramme-heure 0gr,075 de CO^2.

De février en mars, la quantité de CO^2 émise en trente-cinq jours est de 4gr,8259 et par kilogramme-heure de 0gr,194.

Du 18 mars au 25 avril, donc en trente-six jours, la chauve-souris de poids moyen a exhalé 7gr,91427; par kilogramme-heure, la quantité de CO^2 émise est de 0gr,545.

M. Delsaux, en 1886, avait recherché quelle était la quantité de CO^2 émise par une chauve-souris à différentes températures. Les animaux en expérience se trouvaient dans un repos complet. Au mois de février, il obtient comme moyenne 0gr,0594 de CO^2 par kilogramme-heure et à une température de 8° C. (Cette température est, à peu de chose près, la même que celle observée dans les grottes de Maestricht.) Ce résultat ne s'éloigne pas beaucoup de celui que nous avons calculé (0gr,075 par kilogramme-heure) pour la période novembre-février. Par contre, de février à mars et encore plus de mars à avril, nous obtenons des quantités de CO^2 par kilogramme-heure beaucoup plus fortes. La quantité d'anhydride carbonique exhalée va donc en augmentant du début à la fin de l'hibernation. Cela nous prouve que les chauves-souris sont plongées dans un sommeil plus profond au commencement qu'à la fin de l'hiver. Cette remarque concorde avec ce fait que des chauves-souris dont la situation était bien connue, changeaient fréquemment de place, fait observé par les guides des grottes et par nous-même.

Conclusions.

Les résultats obtenus par ce travail nous montrent chez les chauves-souris, pendant la période d'hibernation :

1° Que la proportion d'eau va en augmentant de novembre en avril, mais que, pourtant, il y a perte absolue d'eau, celle-ci étant plus forte à la fin du sommeil hibernal qu'au début;

2° Que le poids absolu de la graisse, ainsi que son poids relatif, diminue du commencement à la fin de l'hiver. La consommation de la graisse est surtout forte dans les derniers mois de l'hibernation;

3° Que les quantités de glycogène recueillies sont très petites et qu'elles ne peuvent être considérées comme réserves nutritives. Cependant on peut observer que le poids absolu du glycogène va diminuant de novembre en mars, mais qu'il présente une légère augmentation en avril. Quant au poids relatif, il suit la même marche que le poids absolu;

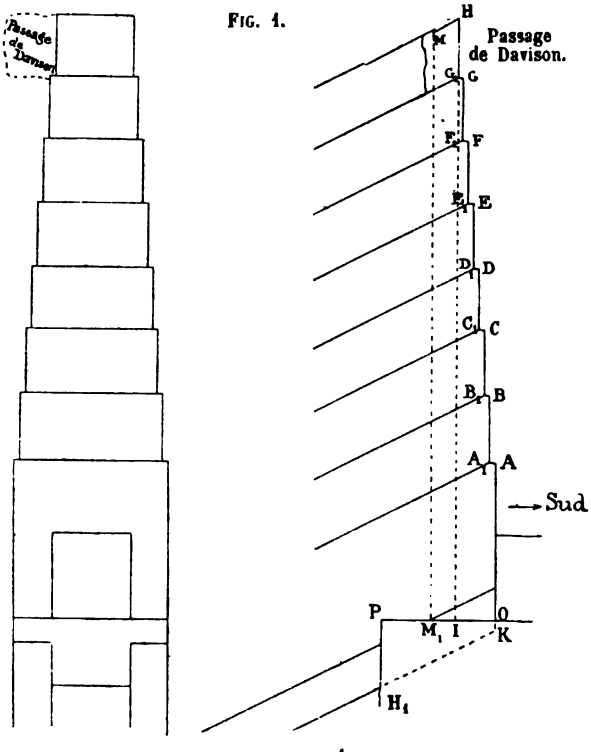
4° Que la consommation de l'albumine est plus considérable au dernier mois du sommeil hibernal que pendant les premiers, où elle est presque nulle, et que le rapport entre la quantité d'albumine détruite et la quantité de graisse consommée augmente fortement en avril;

5° Que le sommeil est plus profond au début qu'à la fin de l'hiver, puisque la quantité de carbone comburé augmente de novembre en avril.

Laboratoire de physiologie de Liége.

—

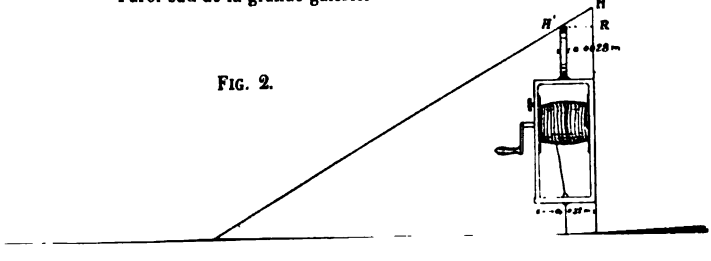
FIG. 1.



Élévation. Échelle : $\frac{1}{100}$ Coupe.

Paroi sud de la grande galerie.

FIG. 2.



Nouvelles mesures du mur sud de la grande galerie de la grande pyramide de Cheops; par C. Caratheodory, ancien élève de l'École militaire de Belgique.

La grande pyramide de Cheops, qui se trouve sur le plateau de Gizeh à l'ouest du Caire, l'un des plus anciens, sinon le plus ancien monument de l'histoire, a été, à diverses reprises, l'objet de travaux et d'études fort approfondis.

Déjà au XVIIe siècle, le professeur Greaves d'Oxford (1637) y prenait des mesures très exactes, au moyen desquelles Newton a même cherché à déterminer la longueur de la coudée de Memphis.

Les ingénieurs de l'expédition francaise mesurèrent la hauteur et la base de la pyramide. Howard Vyse et Perring en 1837, Ayrton en 1841, E. W. Lane, Aiton et Inglis en 1865, Wayrnan Dixon se succédèrent dans l'étude scientifique de l'édifice. Mais ce sont surtout les travaux de M. Piazzi Smith en 1865 (*) et de M. E. W. Flinders Petrie en 1882-1883 (**) qui, étant entrepris d'une façon systématique, avec toutes les ressources que la science et la technique moderne mettaient à leur disposition, ont le plus contribué à faire connaître la grande pyramide d'une façon définitive et exacte.

Une description même succincte de la totalité du

(*) *Life and work at the Great Pyramid,* by C. Piazzi Smith. Edinburgh, 1867, 3 vol. gr. in-8°.

(**) *The pyramids and temples of Gizeh,* by W. M. Flinders Petrie. London, 1883, 1 vol. gr. in-8°.

monument sortirait des limites de cette note. Elle peut d'ailleurs être facilement trouvée dans les ouvrages cités plus haut, ainsi que dans un autre livre de M. Piazzi Smith (*), et en français dans le livre de M. Ch. Lagrange (**).

Cependant, malgré tous ces travaux effectués par tant de personnes différentes, les dimensions de la partie supérieure de la grande galerie inclinée qui se trouve au centre du monument, sont assez peu connues jusqu'à présent (***). La hauteur considérable de cette galerie (8 mètres environ), le manque absolu de lumière, la difficulté de trouver un point d'appui pour une échelle sur un sol parfaitement poli et incliné de 2 pour 1 (exactement 26° 18'), ont été autant d'obstacles pour les observateurs qui se sont successivement occupés de la pyramide.

La grande galerie a une longueur de plus de 48 mètres, mesurés suivant la pente. Elle est dirigée dans un plan médian nord-sud de l'édifice; les parements des murs n'y sont pas unis, mais forment une espèce de voûte à gradins et se composent de sept retraits ou parties en encorbellement les unes sur les autres (v). L'extrémité supé-

---

(*) *Our inheritance in the great pyramid.* London, Burnett, 5th edit., 1890, 1 vol. in-8°.

(**) *Sur la concordance qui existe entre la loi historique de Brück, la chronologie de la Bible et celle de la grande pyramide de Cheops.* Bruxelles, 1893, 1 vol. in-8°.

(***) Fl. Petrie, *loc. cit.*, p. 72.

(v) Le plafond possède aussi de ces retraits ayant pour raison d'être d'empêcher la pression des pierres qui le composent de s'accumuler sur le mur de parement inférieur (nord).

rieure ou sud de la galerie se termine, près de l'entrée de la chambre du Roi, par une plateforme horizontale de 1^{m},50 environ de largeur, qu'on appelle le grand degré.

C'est à cet endroit qu'il est le plus facile d'atteindre la partie supérieure de la galerie. On peut aisément dresser une échelle sur le grand degré. Il y a également là dans le mur de parement est, et à hauteur du plafond, une ouverture de 0^{m},80 environ de hauteur, qui conduit par le « passage de Davison » aux chambres supérieures qui surmontent, au nombre de cinq, la chambre du Roi. (Des pièces de bois au nombre de quatre, scellées diagonalement de distance en distance dans l'angle de la maçonnerie, facilitent encore enfin l'ascension et en augmentent la sécurité.)

A la demande de M. Ch. Lagrange, j'ai pris, le 2 avril 1900, avec l'aide de M. Et. Zigada, les dimensions de cette partie du monument.

Il s'agissait de mesurer la hauteur de chaque retrait du mur de parement sud au-dessus du niveau de la plateforme horizontale, et de mesurer en même temps la largeur de chacun des retraits (fig. 1).

Les premières de ces mesures ont été effectuées au fil à plomb, les autres au moyen du double décimètre. Le plomb du fil à plomb pesait environ 800 grammes; l'autre extrémité du fil s'enroulait autour d'un treuil fixé dans un cadre, dont on pouvait arrêter le mouvement au moyen d'une vis de pression. (Voyez fig. 2.)

Ces mesures ne sont pas entièrement nouvelles; on en trouve quelques-unes chez M. Piazzi Smith (*) et d'autres

(*) *Life and work*, p. 90.

chez M. Petrie (*). Nous donnerons plus loin les différents chiffres obtenus, à titre de comparaison. C'est pour rendre les mesures actuelles comparables avec les leurs que nous avons exprimé nos chiffres en pouces anglais (**) et en fractions décimales de cette unité de mesure. Les longueurs du fil à plomb étaient chaque fois rapportées sur un ruban d'acier, divisé en pieds et pouces anglais, et en $\frac{1}{8}$ de pouce.

Pour pouvoir atteindre le sommet de la galerie, nous avons dû lier deux échelles ensemble, et cependant chacune d'elles était tellement longue qu'il a été impossible de les faire pénétrer dans la pyramide par le chemin que suivent d'ordinaire les visiteurs : il a fallu débarrasser des pierres qui en ferment l'entrée, le trou que le khalife Al-Mamoun avait fait autrefois creuser dans les flancs de la pyramide pour en forcer le secret.

Pour vérifier notre appareil, nous avons mesuré deux hauteurs, d'abord suivant la méthode employée dans la pyramide (fil à plomb), ensuite directement au moyen du ruban d'acier.

Les résultats ont été dans ces deux essais :

1° 12 pieds 11 pouces $^7/_8$ et 12 pieds 12 pouces

2° 24 — 10 — $^7/_8$ et 24 — 10 — $^6/_8$,

donnant chaque fois une erreur de $\frac{1}{8}$ de pouce.

Les hauteurs de chaque retrait ont été aussi mesurées chacune deux fois, et les différences entre ces deux mesures

---

(*) *Loc. cit.*, p. 73.

(**) Un pouce anglais = $0^m,0254$.

ont été tout à fait du même ordre de grandeur que l'erreur précédente.

Voici ces mesures, ainsi que la distance I' entre le fil à plomb, dans la position H' (fig. 2), et l'extrémité nord P du grand degré. (Voyez fig. 1.)

Niveaux des retraits.	PREMIÈRE MESURE.	SECONDE MESURE.	MOYENNE en pouces.
A	6 pieds 11 pouces 7/8	7 pieds.	83.9
B	10 pieds 0 pouce 1/8	10 pieds 0 pouce 1/8	120.1
C	12 pieds 10 pouces 3/8	12 pieds 10 pouces 2/8	154.3
D	15 pieds 7 pouces 4/8	15 pieds 7 pouces 2/8	187.4
E	18 pieds 5 pouces 4/8	18 pieds 5 pouces 3/8	221.4
F	21 pieds 2 pouces 5/8	21 pieds 2 pouces 5/8	254.4
G	24 pieds.	24 pieds 0 pouce 1/8	288.1
H'	26 pieds 9 pouces 4/8	26 pieds 9 pouces.	321.25
I'	3 pieds 3 pouces 6/8	3 pieds 3 pouces 6/8	39.75

Les deux derniers nombres H' et I' doivent être corrigés, pour obtenir (fig. 1) la hauteur H = HI et la distance I = IP relatives au point H.

En effet, d'après la figure 2, il faut, à cause de l'angle de pente du plafond de la galerie qui est de 28° d'après M. Fl. Petrie (*), ajouter à la valeur de H' la longueur RH ou RH' tg 28°; et à cause de la construction de l'appareil de mesure, il faut ajouter à I' la longueur ST.

(*) *Loc. cit.*, p. 73.

Ces longueurs valent, en observant que 39,37 pouces anglais sont égaux à 1 mètre :

$$RH = \frac{1}{2}(0^m,032 + 0,0028) \times 39,37 \times 0,53171$$
$$= 0,36 \text{ pouce anglais.}$$
$$ST = \frac{1}{2} \times 0,032 \times 39,37 = 0,63 \text{ pouce anglais.}$$

Les nombres H et I sont donc définitivement :

$$H = 321,25 + 0,36 = 321,6 \text{ pouces anglais.}$$
$$I = 39,75 + 0,63 = 40,38 \text{ pouces anglais.}$$

La largeur des retraits a été mesurée une seule fois au double décimètre; nous donnons en regard les chiffres donnés par M. Fl. Petrie (*) ainsi que ceux auxquels M. Piazzi Smith est arrivé (**).

Largeurs des retraits.	En mètres.	En pouces anglais.	Fl. Petrie.	Piazzi Smith.
a.	0m,073	2,87	2,95	2,9
b.	0m,077	3,03	2,92	3,0
c.	0m,079	3,11	2,90	3,0
d.	0m,082	3,22	3,08	»
e.	0m,078	3,07	3,20	»
f.	0m,076	2,99	2,98	»
g.	0m,073	2,87	2,90	»

Les différences de hauteur entre les retraits, c'est-à-dire les hauteurs A_1B, B_1C, etc., de la figure 1, se trouvent

(*) *Loc. cit.*, p. 73.
(**) *Loc. cit.*, p. 90, vol. II.

aussi en partie chez M. Fl. Petrie (*) et peuvent être déduites en partie des mesures de M. Piazzi Smith.

Distances entre les retraits.	En pouces anglais	Piazzi Smith.	Fl. Petrie.
O A	83,9	84,9	»
A_1B	36,2	34,4	»
B_1C	34,2	33,3	»
C_1D	33,1	33,1	33,8
D_1E	34,0	»	34,0
E_1F	33,0	»	33,0
F_1G	33,7	»	33,7
G_1H	33,5	»	33,6

Nous avons également mesuré la distance HM du premier retrait du plafond incliné et trouvé $0^m,37$, soit 14,6 pouces anglais. Pour avoir les coordonnées du point M, il faut, d'après la figure, retrancher de I la longueur 14,6 cos 28° et de H la longueur 14,60 sin 28°; nous trouvons alors :

$$MM_1 = 321,6 - 14,6 \sin 28° = 314,8 \quad \text{(haut. de M)}$$
$$M_1P = 40,38 - 14,6 \cos 28° = 27,49.$$

Il est enfin intéressant de calculer quelle est la hauteur des différents retraits au-dessus du sol incliné de la grande galerie H_1K.

Suivant M. Piazzi Smith, la largeur OP du grand degré est de 61 pouces anglais, sa hauteur PH_1 au-dessus du sol de la galerie est de 36 pouces anglais et l'angle d'incli-

(*) *Loc. cit.*, p. 73.

naison de la galerie est de 26°18′ (*). La hauteur OK est dans ce cas de 5,84 pouces anglais. D'après M. Fl. Petrie, la largeur OP du grand degré près du mur de parement est, à l'endroit par conséquent où les mesures actuelles ont été prises, est de 61,1 pouces anglais; sa hauteur PH est de 34,88, et l'angle de la galerie est de 26° 12′ 50″; il remarque de plus qu'à cet endroit le niveau du point O est inférieur à celui du point P de 0,64 pouce anglais; alors la hauteur OK n'est plus que de 4,16 pouces anglais (**).

Nous effectuerons les calculs dans chacun de ces cas; de cette façon apparaîtra la grandeur des erreurs dont toutes les hauteurs et en particulier la hauteur totale de la galerie sont encore entachées. Ces erreurs sont telles qu'il n'y a pas lieu de s'occuper des différences occasionnées par le fait que les parements entre les différents retraits ne sont pas exactement verticaux, comme M. Piazzi Smith l'avait déjà remarqué; car il ressort des mesures de M. Fl. Petrie que, pour toute la hauteur considérée, le fruit du mur, si l'on faisait abstraction des retraits, n'atteindrait que 0,3 pouce anglais (***).

Comme, d'autre part, les erreurs peuvent s'être accumulées dans les mesures a, b, c, etc., tandis que la mesure de I a été prise directement deux fois et que nous avons l'équation de condition

$$a + b + c + d + e + f + g + \mathrm{I} = 61{,}1,$$

tandis que, d'après les nombres donnés plus haut, cette

(*) *Life and work*, t. II, pp. 74 et 161.
(**) Fl. Petrie, *loc. cit.*, p. 75.
(***) Fl. Petrie, *loc. cit.*, p. 73.

somme est 61.54, nous allons, dans les calculs qui suivent, remplacer ces nombres par d'autres corrigés en retranchant de chacun d'eux 0,06 pouce anglais, c'est-à-dire en employant les valeurs suivantes :

$a = 2,8$	$e = 3,0$
$b = 3,0$	$f = 2,9$
$c = 3,0$	$g = 2,8$
$d = 3,2$	

Nous obtenons ainsi pour les hauteurs A, A_1, B, B_1, etc., au-dessus du plan incliné de la galerie, les résultats consignés dans le tableau suivant :

Hauteurs des retraits au-dessus de H_1K.	D'après les dimensions du grand degré suivant Piazzi Smith.	D'après les dimensions du grand degré suivant Fl. Petrie.	Nombres donnés par Piazzi Smith, *Life and Work*, t. II, p. 90.
	Pouces anglais.	Pouces anglais.	Pouces anglais.
A	89,8	88,1	92,1
A_1	91,2	89,5	»
B	127,4	125,7	128,3
B_1	128,8	127,2	»
C	163,0	161,4	163,1
C_1	164,5	162,9	»
D	197,6	195,9	197,7
D_1	199,1	197,6	»
E	233,2	231,6	(232)
E_1	234,7	233,1	»
F	267,6	266,1	(267)
F_1	269,1	267,5	»
G	302,8	301,2	(302)
G_1	304,1	302,6	»
H	337,7	336,2	(337 ±)

Remarquons que les grandes différences obtenues pour ces nombres sont dues au fait que le grand degré, d'après une observation de M. Fl. Petrie, n'est pas horizontal, mais qu'il est incliné de l'ouest vers l'est. Comme ses dimensions sont données par M. Petrie dans le plan vertical de nos mesures actuelles à très peu près, ce sont les nombres de la deuxième colonne que nous tenons pour les meilleurs.

Les chiffres entre parenthèses sont ceux que M. Piazzi Smith a obtenus non pas suivant des mesures directes, mais en admettant que les différences de hauteur au-dessus du sol incliné étaient, pour deux retraits consécutifs, de 35,0 pouces anglais. Les résultats donnés par cette hypothèse sont aussi exacts que cela était alors possible.

La hauteur totale de la grande galerie mesurée par Howard Vyse, en 1837, a été trouvée par lui égale à 336 pouces anglais. M. Piazzi Smith l'a estimée à 337 pouces anglais. Les résultats précédents montrent que la vérité doit être entre ces deux nombres.

Faisons, enfin, pour terminer, la remarque suivante : C'est que le fait, connu depuis longtemps, que l'arête supérieure sud de la grande galerie se projette verticalement au tiers du grand degré se vérifie parfaitement. En effet,

$$l \times \frac{3}{2} = 60{,}57 \text{ pouces anglais.}$$

On peut aussi remarquer que la projection M_1 de l'arête M coïncide avec la réapparition, au-dessus de la surface du grand degré (fig. 1), des joints des deux rampes

qui bordent la grande galerie. En effet, d'après M. Piazzi Smith (*), on a

$$M_1O = 33,4,$$

et nous avons trouvé pour

$$M_1P = 27,49,$$

ce qui donne

$$OP = 60,89,$$

tandis que les mesures directes de OP varient entre 60,8 et 61,1.

Berlin, le 6 décembre 1900.

OUVRAGES PRÉSENTÉS.

Tilly (*Jos. De*). Sur les trois principes fondamentaux ou axiomes, ou hypothèses de la mécanique rationnelle (inertie, indépendance, réaction). Bruxelles, 1900; extr. in-8° (25 p.).

Wattier (*E.*). La science réelle pour tous, complémentaire de l'instruction primaire, préparatoire aux études approfondies de toutes les spécialités scientifiques. Bruxelles, 1901; in-18 (20 p.).

Dubois (*Ernest*). L'industrie du tissage de lin dans les Flandres. Bruxelles, 1900; in-8° (223 p., cartes).

Meunier (*Fernand*). Ueber einige Coleopteren-Flügeldecken aus der präglacialen Braunkohle und dem interglacialen Torflager von Lauenburg (Elbe). Berlin, 1900; extr. in-8° (9 p.).

(*) *Life and work*, t. II, p. 75.

Lucas (*Le Père J.-D.*). Le Congrès international de physique réuni à Paris du 6 au 12 août 1900. Louvain, 1900; extr in-8° (32 p.).

Ministère de l'Agriculture. Service des agronomes de l'État. Monographie agricole de la région du Condroz. Bruxelles, 1900; in-8°.

État Indépendant du Congo. Publication : Le télégraphe et le téléphone dans l'État Indépendant du Congo, par A. Mahieu. Bruxelles, 1900; in-8° (64 p.).

—

ALLEMAGNE ET AUTRICHE-HONGRIE.

Arnold (*F.*). William Nylander. Munich, 1898; in-8° (8 p. et 2 portraits).

— Die Lichenen des fränkischen Jura. Ratisbonne, 1885; in-18 (323 p.).

— Die Lichenen des frænkischen Jura. Stadtamhof, 1890; in-4° (61 p.).

— Zur Lichenenflora von München. Munich, 1891; gr. in-8° (124 p.).

— Lichines exsiccati, 1859-1899. Munich, 1894-1899; gr. in-8° (73 p.).

— Dr H. Rehm Cladoniæ exsiccatæ, 1869-1895. Munich, 1895; gr. in-8° (33 p.).

Weinek (*L.*). Die tychonischen Instrumente auf der Prager Sternwarte. Prague, 1901; in-8° (11 p. et 2 pl.).

— *Physikalisch-technische Reichsanstalt.* Wissenschaftliche Abhandlungen, Band III. 1900; in-4°.

BRUNSWICK. *Verein für Naturwissenschaft.* 8. Jahresbericht, 1900.

CRACOVIE. *Académie.* Mikolaj Kopernik (Ludw.-Antoni Birkenmajer). Cracovie, 1900; in-4°.

DÜRKHEIM. *Naturwissenschaftlicher Verein.* Festschrift, 1900.

VIENNE. *Geologische Reichsanstalt.* Zur Erinnerung an die Jubiläums-Feier, 1900.

— Jubiläums-Festbericht, 9 Juni 1900.

METZ. *Académie.* Mémoires, 1898-1899.

BUDAPEST. *Geologische Gesellschaft.* Die Tertiärbildungen des Beckens der siebenbürgischen Landestheile (A. Koch). 1900, in-8°.

—

Dubois (*Raphaël*) et *Couvreur* (*Edmond*). Leçons de physiologie expérimentale. Paris, 1900; in-8° (VI-380 p.).

—

GRANDE-BRETAGNE ET COLONIES BRITANNIQUES.

Edalgi (*Jamshedji*). Reciprocal polygons. Ahmedabad, 1898; in-8° (87 p., fig.).

— Associated conics. Ahmedabad, 1898; in-8° (80 p., fig.)

Wilde (*Henry*). In the matter of the society of arts, and Henry Wilde, on the award to him of the Albert Medal, 1900, and on the invention of the dynamo-electric machine. Manchester, 1900; in-4° (23 p.).

Coghlan (*T.-A.*). Statistics of the seven colonies of Australasia, 1861 to 1899. Sydney, 1900; in-8° (72 p.).

LIVERPOOL. *Biological Society.* Proceedings and transactions, vol. XIV, 1899-1900.

WELLINGTON. *New Zealand Institute.* Transactions and proceedings, vol. XXXII, 1899.

GLASGOW. *Philosophical Society.* Proceedings, vol. XXXI, 1899-1900.

—

PAYS DIVERS.

Crivetz (*Théodore*). Essai sur l'équidistante. Bucarest, 1900; in-8° (50 p.).

Luciani (*Luigi*). Ricerche de fisiologia e scienze affini. Milan, 1900; vol. in-4° (416 p., 1 portrait, pl. et fig.).

Astronomische Mitteilungen (A. Wolfer), N° 91. Zurich, 1900; extr. in-8° (27 p.).

Onderzoekingen gedaan in het physiologisch Laboratorium (W. Einthoven), II, 4. Leyde, 1900; in-8°.

HELSINGFORS. *Finska Vetenskaps-Societet.* Oefversigt, 1899-1900.

— Bidrag, 59 och 60. Häftet, 1900.

LUND. *Universitet.* Acta XXXV, 1899. 2 vol. in-4°.

BERNE. *Geologische Kommission der Schweizerische naturforschende Gesellschaft.* Beiträge zur geologische Karte der Schweiz, 40. Lieferung. 1900; in-4°.

— Notice explicative de la feuille XI, 2e édition, 1900; in-8°.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1901. — N° 2.

Séance du 2 février 1901.

M. Jos. De Tilly, directeur.

M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Éd. Van Beneden, *vice-directeur;* G. Dewalque, Brialmont, Éd. Dupont, C. Malaise, F. Folie, Fr. Crépin, Ch. Van Bambeke, G. Van der Mensbrugghe, W. Spring, Louis Henry, M. Mourlon, P. De Heen, Ch. Lagrange, F. Terby, Léon Fredericq, J.-B. Masius, J. Neuberg, A. Lancaster, A.-F. Renard, L. Errerá, *membres;* Ch. de la Vallée Poussin, *associé;* M. Delacre, Pol. Francotte, Paul Pelseneer, A. Gravis et Ém. Laurent, *correspondants.*

CORRESPONDANCE.

—

Mme Charles Hermite, née Bertrand, annonce la mort de son mari, Charles Hermite, de l'Institut de France, décédé à Paris le 14 janvier dernier, à l'âge de 78 ans.

« M. Hermite, notre illustre associé, dont nous venons d'apprendre la mort, — fait remarquer M. De Tilly, — était le chef de l'École mathématique française.

Le Président de l'Académie des sciences de Paris, après avoir annoncé à l'assemblée le coup qui la frappait, ajoutait ces paroles : « Sa perte, que nous déplorons, sera vive-
» ment ressentie par les correspondants si nombreux
» qu'il avait dans le monde entier et qui ne cessaient de
» faire appel chaque jour à ses conseils, à sa bienveil-
» lance inépuisable. »

Je puis, Messieurs, confirmer personnellement cette assertion. Je conserverai, comme un souvenir précieux de ma carrière scientifique, les lettres que j'ai reçues de M. Hermite, en ayant soin de ne pas attacher une importance exagérée à certains termes élogieux qu'elles contiennent et qui sont dus précisément à la bienveillance inépuisable signalée par l'honorable Président de l'Académie des sciences de Paris.

M. Fouqué disait ensuite que M. Hermite appartenait à presque toutes les sociétés savantes du monde entier et que toutes, comme l'Institut de France, se sentiront diminuées par sa mort. Tel est, en effet, Messieurs, le sentiment que notre Académie éprouve en ce moment et que j'ai voulu exprimer. »

Une lettre de condoléance sera adressée à Mme veuve Hermite.

— M. le Secrétaire perpétuel fait savoir que, dans la séance hebdomadaire de l'Académie des sciences de Paris, du 21 janvier 1901, l'un de ses membres, M. Mascart, a annoncé la mort de l'électricien Zénobe-Théophile Gramme, décédé la veille, à Bois-Colombes, près de Paris. M. Mascart a rappelé, en même temps, le grand rôle joué par Gramme, à qui l'on doit la dynamo, dans le développement de l'industrie actuelle de l'électricité. « Il estimait que, quoique Gramme n'eût pas appartenu à » l'Institut, les regrets soulevés par sa mort seraient vive- » ment ressentis. »

Z.-Th. Gramme était né le 4 avril 1826, à Jehay-Bodegnée, près de Huy, et c'est à Liége qu'il a appris les éléments des sciences.

Bien que l'éminent inventeur n'appartînt pas non plus à l'Académie royale de Belgique, dont la science pure est aussi le seul domaine, la Classe, en raison de la confraternité qui unit tous les hommes s'occupant des sciences, s'associe aux regrets causés par la mort de Zénobe-Théophile Gramme.

MM. Raphaël et Walter de Selys Longchamps adressent la lettre suivante :

Liége, 15 janvier 1901.

MONSIEUR LE SECRÉTAIRE PERPÉTUEL,

Nous avons tous été profondément touchés des marques de sympathie que l'Académie tout entière, et particulièrement la Classe des sciences, a bien voulu nous donner à l'occasion du deuil qui nous frappe, ainsi que des hommages, d'ailleurs si mérités, qu'elle a rendus à la mémoire de notre vénéré père.

Au nom de la famille, nous vous prions de transmettre à l'Académie en général, et à chacun de ses membres en particulier, et tout spécialement à M. le général De Tilly et à M. Lagrange, l'expression de notre reconnaissance.

La vie de l'Académie s'identifiait pour notre père, à jamais regretté, avec la sienne propre, et elle était restée pour lui, jusqu'à sa dernière heure, sa grande préoccupation. Son plus amer tourment, au cours des derniers mois, fut de ne pouvoir se rendre, comme d'habitude, aux séances académiques, et tout spécialement à celle où devaient avoir lieu les élections, et qui se trouvait fixée à cette date du 14 décembre, qui devait être celle de ses funérailles.

A la veille de s'endormir pour toujours, il ne parvenait plus à secouer la torpeur qui l'envahissait, pour s'entretenir de ces élections qui le préoccupaient par-dessus tout, et pour discuter les mérites respectifs des divers candidats en présence. *Ce fut le dernier objet de ses pensées.*

L'Académie aura eu ainsi sa suprême pensée, comme elle a eu le meilleur de son existence.

C'est ici l'occasion de mentionner que son testament, dont nous ne possédons une copie que depuis peu de jours, contient également une preuve de son attachement à l'Académie. Nous copions la disposition que nous avons en vue et qui est ainsi conçue :

« Je laisse à la Classe des sciences de l'Académie royale » de Belgique une rente annuelle et perpétuelle de » *cinq cents francs,* à charge de l'employer à décerner des » prix biennaux, triennaux ou quinquennaux à des » mémoires, publiés ou à publier, concernant la faune » de Belgique.

» L'Académie n'étant pas jusqu'ici reconnue comme » personne civile, on prendra les arrangements néces- » saires avec le Gouvernement pour régulariser cette » disposition. »

Nous vous serions fort obligés, Monsieur le Secrétaire perpétuel, si vous pouviez nous faire savoir quelle est, d'après les précédents, la marche à suivre pour donner le plus promptement possible à la disposition ci-dessus toute l'efficacité qu'elle comporte.

Veuillez agréer, etc., etc.

Les remerciements de l'Académie seront exprimés à MM. de Selys Longchamps frères, par les soins de M. le Secrétaire perpétuel, lequel sollicitera du Gouvernement, conformément aux articles 910 et 937 du Code civil, l'arrêté royal nécessaire pour l'acceptation de la disposition testamentaire du baron Michel-Edmond de Selys Longchamps.

— La Classe prend notification de la délivrance, par M. le Directeur général de la Trésorerie et de la Dette publique, de l'extrait d'inscription au grand-livre de la Dette publique en rentes 3 %, de la donation d'une somme de 10,000 francs faite par M. Ch. Lagrange et dont les intérêts annuels s'élèvent à 300 francs à partir du 1er novembre 1900.

La Classe s'occupera ultérieurement du programme de cette fondation, ayant pour objet un prix perpétuel de *Physique du globe* à décerner tous les quatre ans.

— M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction

publique envoie, pour la bibliothèque de l'Académie, un exemplaire des ouvrages suivants :

Compte rendu de la session de l'Institut colonial international tenue à Paris en 1900;

Revue de l'Université de Bruxelles, nos 1 à 3 de 1900-1901 ;

Statistique médicale de l'armée belge, 1899 ;

Flora Batava, aflevering 329-332.

— Remerciements.

— M. le Ministre de l'Industrie et du Travail envoie quatre volumes du *Recensement général des industries et métiers : répartitions par commune.* — Remerciements.

— M. Ch.-Éd. Guillaume, secrétaire pour l'étranger de la Commission d'organisation du Congrès international de physique qui a eu lieu à Paris du 6 au 12 août 1900, offre un exemplaire des trois volumes des rapports présentés à ce Congrès qui a été réuni sous les auspices de la Société française de physique. — Remerciements.

« A cette occasion, — ajoute M. Guillaume, dans sa lettre, — la Commission d'organisation du Congrès tient à exprimer toute sa gratitude à l'Académie pour le bienveillant intérêt que celle-ci a témoigné à son œuvre, en désignant trois de ses membres éminents, MM. De Heen, Spring et Van der Mensbrugghe, pour la représenter aux réunions. »

Le tome Ier de ces rapports renferme :

Propriétés des solides sous pression : diffusion de la matière solide; mouvements internes de la matière solide; par W. Spring;

Sur les phénomènes capillaires; par G. Van der Mensbrugghe.

— Hommages d'ouvrages :

Le *Coccobotrys xylophilus* (Fr.) Boud et Pat. = *Cenococcum xylophilum* (Fr.) est le mycélium de *Lepiota meleagris* (Sow.) Sacc. — Quelques remarques touchant *Lepiota meleagris* (Sow.) Sacc.; par Ch. Van Bambeke.

M.-E. barone di Selys Longchamps. Brevi parole di commemorazione, par Lorenzo Camerono, membre de l'Académie royale des sciences de Turin.

Annuaire météorologique de l'Observatoire royal de Belgique, 1901, publié par les soins d'Alb. Lancaster.

Annuaire astronomique de l'Observatoire royal de Belgique, 1901, publié par les soins de L. Niesten.

— Remerciements.

— L'Université de Glasgow porte à la connaissance de l'Académie qu'elle célébrera, les 12, 13 et 14 juin 1901, le neuvième cinquantenaire de sa fondation par le pape Nicolas V (1451).

— La Société impériale et royale zoologico-botanique de Vienne (Autriche) annonce qu'elle célébrera, le 30 mars prochain, son cinquantième anniversaire de fondation.

— L'Académie royale des sciences de Turin fait savoir qu'à partir du 1er janvier 1899, il est ouvert un concours auquel, suivant la volonté du testateur (le Dr Bressa), seront admis les savants et les inventeurs de toutes les nations.

Ce concours aura pour but de récompenser le savant ou l'inventeur, à quelque nation qu'il appartienne, lequel, durant la période quatriennale de 1897-1900, « au juge-

SCIENCES NATURELLES.

PREMIÈRE QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur le rôle physiologique des substances albuminoïdes dans la nutrition des animaux ou des végétaux. — Prix : 800 francs.

Exemples de questions qui pourraient être traitées par les concurrents :

Les albuminoïdes peuvent-ils se transformer en graisse dans l'organisme?

L'oxydation des albuminoïdes joue-t-elle un rôle dans la contraction musculaire ?

Les globulines et les albumines du sang ont-elles la même signification physiologique?

Comment s'effectue la synthèse des albuminoïdes chez les végétaux?

Quel rôle jouent les albuminoïdes dans la formation des graisses végétales ou des hydrates de carbone, etc.?

DEUXIÈME QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur l'organisation et le développement d'un PHORONIS, *en vue d'élucider les rapports existant entre les animaux de ce genre : les genres* RHABDOPLEURA *et* CEPHALODRISCUS, *et le groupe des* ENTEROPNEUSTES. — Prix : 1,000 francs.

TROISIÈME QUESTION.

Décrire les corps simples, les sulfures et les combinaisons binaires du sol belge. — Prix : 800 francs.

QUATRIÈME QUESTION.

On demande de nouvelles recherches relatives à l'influence des facteurs externes sur la caryocinèse et la division cellulaire chez les végétaux. — Prix : 800 francs.

PROGRAMME DU CONCOURS POUR 1902.

SCIENCES MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUES.

PREMIÈRE QUESTION.

Faire l'exposé des recherches exécutées sur les phénomènes critiques en physique.

Compléter nos connaissances sur cette question par des recherches nouvelles. — Prix : 600 francs.

DEUXIÈME QUESTION.

On demande des recherches nouvelles sur la viscosité des liquides. — Prix : 600 francs.

TROISIÈME QUESTION.

Compléter par de nouvelles recherches nos connaissances concernant l'action des alcools sur les éthers composés. — Prix : 800 francs.

QUATRIÈME QUESTION.

On demande une contribution à l'étude algébrique et géométrique des formes n *- linéaires,* n *étant plus grand que* 3. — Prix : 600 francs.

CINQUIÈME QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur la conductibilité calorifique des liquides et des dissolutions. — Prix : 600 fr.

SCIENCES NATURELLES.

PREMIÈRE QUESTION.

Établir les limites de l'assise de Comblain-au-Pont et déterminer la place qu'elle doit occuper dans la classification. Est-elle devonienne ou carbonifère? — Prix : 600 francs.

DEUXIÈME QUESTION.

Faire l'exposé des recherches sur les modifications produites dans les minéraux par la pression et compléter ces recherches par de nouvelles observations. — Prix : 600 francs.

TROISIÈME QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur l'organisation et le développement d'un Platode, en vue de déterminer s'il existe ou non des rapports phylogéniques entre les Platyhelmes et les Entérocœliens. — Prix : 600 francs.

QUATRIÈME QUESTION.

On demande des recherches nouvelles sur le rôle de la pression osmotique dans les phénomènes de la vie animale. — Prix : 600 francs.

CINQUIÈME QUESTION.

On demande des recherches sur les plantes devoniennes de Belgique, au point de vue de la description, de la position stratigraphique et, si possible, des caractères anatomiques. — Prix : 600 francs.

Les mémoires devront être écrits lisiblement et pourront être rédigés en français ou en flamand. Ils devront être adressés, franc de port, à M. le Secrétaire perpétuel, au Palais des Académies, avant le 1er août 1901 pour les réponses aux questions du programme de 1901 et avant le 1er août 1902 pour les réponses aux questions du programme de 1902.

L'Académie exige la plus grande exactitude dans les citations; les auteurs auront soin, par conséquent, d'indiquer les éditions et les pages des ouvrages cités. On n'admettra que des planches manuscrites ou photographiques.

Les auteurs ne mettront point leur nom à leur ouvrage; ils y inscriront seulement une devise, qu'ils reproduiront sur un pli cacheté renfermant leur nom et leur adresse; il est défendu de faire usage d'un pseudonyme. Faute de satisfaire à ces formalités, le prix ne pourra être accordé.

Les mémoires remis après le terme prescrit et ceux dont les auteurs se feront reconnaître, de quelque manière que ce soit, seront exclus du concours.

L'Académie croit devoir rappeler aux concurrents que les mémoires soumis à son jugement sont et restent déposés dans ses archives. Toutefois, les auteurs peuvent en faire prendre copie, à leurs frais, en s'adressant à cet effet au Secrétaire perpétuel.

La Classe met dès à présent au concours pour l'année 1903 (délai pour la remise des manuscrits : 1er août 1903) le sujet suivant :

Trouver, en hauteur et en azimut, les expressions des termes principaux des déviations périodiques de la verticale, dans l'hypothèse de la non-coïncidence des centres de gravité de l'écorce et du noyau terrestres. — Prix : 600 francs.

Prix Charles Lemaire

EN FAVEUR DE QUESTIONS RELATIVES AUX TRAVAUX PUBLICS.

(Cinquième période : 1899-1901.)

Extrait du testament mystique de Mlle Lemaire, en date du 28 novembre 1890, fondant un prix à la mémoire de son frère, ancien ingénieur des ponts et chaussées :

« Je donne à l'Académie des sciences de Belgique la » somme de *vingt-cinq mille francs* pour que les revenus » en soient affectés à la formation d'un prix qui sera » décerné tous les deux ans, sous le nom de prix Charles » Lemaire, à l'auteur du meilleur mémoire publié sur » des questions relatives aux travaux publics. »

En conséquence, un prix de *quatorze cents francs* est attribué, pour la cinquième période de ce concours, à l'auteur du meilleur mémoire répondant au but de la fondation.

Seront seuls admis, les ouvrages présentés par des auteurs belges ou naturalisés. Ils devront être rédigés en français ou en flamand, et publiés en Belgique pendant la période du 1er juillet 1899 au 30 juin 1901.

Le délai pour la remise des ouvrages expirera le 30 juin 1901; ils devront être adressés, franc de port, à M. le Secrétaire perpétuel de l'Académie, au Palais des Académies, à Bruxelles.

Le résultat du concours sera proclamé dans la séance publique de la Classe des sciences, en décembre 1901.

PRIX ÉDOUARD MAILLY

POUR FAVORISER LES PROGRÈS DE L'ASTRONOMIE EN BELGIQUE.

Fondation.

M. Édouard Mailly, en son vivant membre de la Classe des sciences de l'Académie, décédé à Saint-Josse-ten-Noode, le 8 octobre 1891, avait inscrit la disposition suivante dans son testament :

« Je lègue à l'Académie royale de Belgique une somme de **dix mille francs**, pour fonder un prix à décerner au Belge qui aura fait faire quelque progrès à l'astronomie ou qui aura contribué à répandre le goût et la connaissance de cette science dans le pays. »

Ce legs a été accepté, pour l'Académie, par arrêté royal du 18 janvier 1892.

Règlement.

1. Il est institué, conformément aux vues du fondateur, un prix de **mille francs**, à décerner tous les quatre ans, sous le nom de **Prix Mailly**, par la Classe

des sciences de l'Académie, au savant belge ou naturalisé qui, dans cette période, aura fait faire quelque progrès à l'astronomie, ou aura contribué à répandre le goût et la connaissance de cette science dans le pays.

2. Si un ouvrage imprimé pendant cette période fait partie d'un travail dont le commencement a paru antérieurement, l'ensemble est admis au concours.

Toutefois, si une partie a déjà été couronnée antérieurement, elle ne pourra plus entrer en ligne de compte.

3. Pour les concurrents qui auront contribué à répandre le goût et la connaissance de l'astronomie, l'appréciation devra autant que possible être basée sur des documents publiés.

4. Le prix ne pourra être partagé.

5. Le résultat du concours sera proclamé dans la séance publique de la Classe des sciences de l'Académie.

6. Si le prix n'a pas été décerné, la Classe pourra l'ajouter au capital ou majorer le prix de la période suivante, selon qu'elle le jugera utile.

7. Les commissaires chargés de faire rapport à la Classe seront nommés dans la première séance de janvier.

8. La troisième période prendra fin le 31 décembre 1903.

Les ouvrages devront être adressés, franc de port, avant cette date, au Secrétaire perpétuel de l'Académie, au Palais des Académies, à Bruxelles.

RAPPORTS.

—

Sur la proposition de M. Errera, le *Bulletin* renfermera un travail de M. J. Massart, intitulé : *Recherches sur les Organismes inférieurs.*

—

Études sur des Gastropodes pulmonés;
par Paul Pelseneer.

Rapport de M. Éd. Van Beneden, premier commissaire.

« Le mémoire de M. Paul Pelseneer, *Études sur des Gastropodes pulmonés,* est la continuation des travaux de notre honoré confrère sur l'anatomie et la systématique des Mollusques. Ces travaux ont valu à leur auteur une juste et large notoriété. C'est pourquoi je crois remplir toute ma mission de commissaire en me bornant à proposer à la Classe d'ordonner l'impression, dans le recueil des *Mémoires* in-4°, du nouveau travail de M. Pelseneer.

La reproduction des planches s'impose de toute nécessité. La perfection des originaux les désigne à l'emploi de la phototypie, procédé à la fois recommandable au point de vue de l'exactitude et au point de vue de l'économie. »

M. Van Bambeke se rallie aux conclusions de son collègue, M. Éd. Van Beneden. — Celles-ci sont adoptées par la Classe.

—

MISSION SCIENTIFIQUE DU KATANGA. — *Note préliminaire sur les résultats des observations magnétiques faites au Congo de 1898 à 1900;* par le capitaine d'artillerie Charles Lemaire, chef de la mission.

Rapport de M. A. Lancaster.

« L'Académie a inséré dans ses *Mémoires* in-4° (t. LIII), en 1894, les résultats d'observations astronomiques et magnétiques effectuées au Congo par les capitaines Delporte et Gillis. Les observations magnétiques comprenaient douze déterminations des trois éléments : déclinaison, inclinaison et force horizontale, obtenues dans la région s'étendant de Banana aux Falls, et pendant la période août 1890 à juin 1891.

Le capitaine d'artillerie Ch. Lemaire, le distingué chef de la mission scientifique envoyée récemment au Katanga, a rapporté de sa brillante expédition *cent dix-sept* déterminations des trois éléments magnétiques, exécutées en des points échelonnés sur tout le territoire de l'État Indépendant, depuis Moliro, à l'extrême est, sur le lac Tanganika, jusqu'à Léopoldville, sur le Congo, près de la limite ouest. Ces deux stations sont distantes l'une de l'autre, en longitude, de 15°18′.

M. Lemaire s'est servi du magnétomètre même que le regretté Delporte avait fait construire, sur ses indications, par la maison Sacré de Bruxelles, et à l'aide duquel il a effectué les douze déterminations que nous avons rappelées plus haut.

Les observations réunies des capitaines Delporte et Lemaire portent donc à 129 le nombre des relevés

magnétiques exécutés au Congo avec toutes les garanties désirables d'exactitude. En ce qui concerne les observations de M. Lemaire, j'ai pu m'assurer personnellement, par l'examen attentif des registres où il les a consignées, du soin et de la conscience avec lesquels il a constamment opéré. Du reste, M. Lemaire avait été bien préparé à ces observations, à l'Observatoire même, par notre savant confrère M. Lagrange.

Dans le tableau où il a résumé les résultats de ses déterminations, l'habile explorateur a fixé astronomiquement, et de manière très précise, la position des diverses stations. Disons en passant que les coordonnées (longitude et latitude) de 195 points ont été ainsi fixées à l'aide d'un cercle méridien de Secrétan à neuf fils horaires. Le nombre total des soirées d'observations a été de 265.

Pour deux des postes d'observation magnétique du capitaine Lemaire, — Stanleyville et Léopoldville, — nous possédons des données recueillies dix ans auparavant par Delporte et Gillis. Ces derniers, le 3 novembre 1890, trouvèrent le déclinaison égale à 15°7′5″ à Léopoldville; le 25 août 1900, M. Lemaire observa au même endroit 13°55′28″; il résulte de ces observations une variation séculaire de 7′17″. Le 7 avril 1891, la valeur de la déclinaison à Stanleyville était de 10°4′15″; le 5 juillet 1900, elle n'y était plus que de 9°0′18″; d'où une variation séculaire de 6′55″. La moyenne des deux résultats est très voisine de 7′.

D'après des observations effectuées à Saint-Paul de Loanda (Congo portugais), au sud de Banana, de 1881 à 1888, la variation séculaire de la déclinaison y était de 5′ en moyenne.

Si l'on tient compte des déterminations de 1881 à Loanda, 1890 et 1900 à Léopoldville, on obtient pour la période de vingt années s'étendant de 1881 à 1900, une moyenne de 6′ pour la variation séculaire. A Bruxelles, pour le même laps de temps, la variation a été de 6′14″.

La concordance de ces deux valeurs mérite d'être remarquée. On sait d'ailleurs que la distribution du magnétisme dans la partie du Congo proche de l'océan Atlantique est à très peu près la même que dans l'Europe occidentale.

Pour terminer, je n'hésite pas à dire que je considère les observations de M. Lemaire comme une contribution fort importante à nos connaissances sur la répartition des éléments magnétiques à la surface du globe, car elles permettront, en ce qui concerne l'Afrique équatoriale, de fixer sur des bases réelles les courbes isogones, isoclines et isodynamiques, là où l'on n'avait pu, jusqu'ici, que tracer des lignes absolument hypothétiques.

Aussi ai-je l'honneur, d'accord avec mon savant confrère M. Lagrange, qui a eu communication du rapport que je viens de lire, de proposer à la Classe d'adresser des remerciements à M. le capitaine Lemaire pour sa très intéressante communication, et d'insérer celle-ci dans le *Bulletin* de la séance. »

Ces propositions sont adoptées par la Classe.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

—

Probabilité de l'invariabilité de la chaleur spécifique des nouveaux gaz endéans les plus larges limites de variations de température; par P. De Heen, membre de l'Académie.

Dans un mémoire couronné par l'Académie de Belgique et publié en 1883 (1), nous avons émis l'opinion que la variation de la chaleur spécifique des gaz et des vapeurs est due au travail employé à l'écartement progressif des éléments qui constituent la molécule, pour amener finalement la rupture de la molécule, c'est-à-dire la dissociation chimique.

Cette manière de concevoir les choses nous avait conduit à prédire que la chaleur spécifique des gaz hydrogène, oxygène et azote éprouverait un accroissement de chaleur spécifique avec la température à une température suffisamment élevée, les groupements H_2, O_2 et Az_2 ayant alors une tendance à se dissocier, la distance de leurs éléments croissant progressivement.

Cette conséquence de notre théorie ne devait pas tarder à se vérifier : peu de temps après, l'expérience directe la sanctionnait.

L'inaltérabilité des gaz monoatomiques avec la température était alors d'une vérification expérimentale plus difficile, car la vapeur de mercure seule se trouvait dans ces conditions.

La découverte des nouveaux gaz qui viennent d'être déclarés monoatomiques par M. Ramsay ramène la

(1) *Mém. cour. et autres mémoires,* coll. in-8°, t. XXXVI.

question à l'ordre du jour. Leur monoatomicité doit avoir pour conséquence une inaltérabilité absolue sous l'action de la chaleur. Et, contrairement à ce qui a été observé pour les autres gaz, il ne peut jamais se produire une variation de la chaleur spécifique avec la température.

Il serait intéressant de soumettre cette conséquence de la théorie à une vérification expérimentale.

—

Impressions électriques obtenues en relief à la surface d'un diélectrique fusible; par P. De Heen, membre de l'Académie.

Afin de réaliser l'expérience, on coule des plateaux de résine sur des lames de carton à l'aide du procédé précédemment décrit (1).

Ceux-ci étant électrisés par friction contre le conducteur d'une machine électro-statique, on approche la surface de résine d'une tôle chauffée (par exemple d'un poële, mais non pas d'une flamme qui aurait pour effet de décharger le plateau), de manière à produire un commencement de fusion. On voit alors apparaître un relief des figures analogues à celles de Lichtenberg.

Cette première constatation étant établie, les points électrisés apparaissent-ils en creux ou en relief? Afin de résoudre la question, nous avons concentré l'électricité sur une ligne droite à l'aide de deux becs de Bunsen par exemple (2). Si l'on vient à chauffer le plateau dans ces conditions, on voit que le trait apparaît en creux, *quel que soit le signe de l'électricité.*

---

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), p. 593, 1899

(2) Voir le même travail.

Les choses se passent donc comme si les points électrisés d'un signe quelconque exerçaient une pression considérable à la surface du plateau.

La seconde question qui se pose est relative aux figures obtenues par les deux électricités à la surface des plateaux simplement électrisés.

Si l'on se sert d'électricité positive, l'expérience montre, ainsi qu'on devait s'y attendre, une série d'aigrettes moulées en creux. Mais si l'on opère à l'aide d'électricité négative à haut potentiel, il se produit un fait inattendu. Des aigrettes absolument comparables aux aigrettes positives se produisent encore, *mais elles apparaissent en relief*. Les parties de la surface qui correspondent à l'aigrette sont donc ici privées d'électricité; les autres parties sont électrisées, contrairement à ce qui se passe pour l'électricité positive.

Les dénominations d'électricité positive et négative ne constituent donc pas une simple appellation conventionnelle n'ayant pour but de présenter à l'esprit qu'une différence de niveau électrique. Elles correspondent au contraire à une réalité. L'électricité positive peut se comparer à l'électricité négative au même titre que le cliché photographique négatif peut se comparer à l'épreuve positive. Les deux électricités sont complémentaires. Lorsque les aigrettes négatives vides sont comblées par les aigrettes positives électrisées, il y a neutralisation.

Ajoutons que lorsque le potentiel électrique négatif dont on se sert est relativement faible, on remarque à côté des aigrettes une série de cratères déprimés correspondant aux taches circulaires obtenues par le procédé de Lichtenberg.

—

Sur la perméabilité de la membrane branchiale;
par Léon Fredericq, membre de l'Académie.

La membrane branchiale, qui, chez les animaux aquatiques, sépare le *milieu intérieur* (sang ou hémolymphe) du *milieu extérieur* (eau douce, eau de mer), présente un degré de *perméabilité* très inégal dans les différents groupes zoologiques.

J'ai été conduit à y distinguer trois types : *A*, *B* et *C*.

A. La membrane branchiale est à la fois *perméable* à l'*eau*, aux *substances diffusibles dissoutes* et aux *gaz*. Elle est comparable à la membrane d'un dialyseur, permettant un équilibre salin complet entre l'eau extérieure et le sang. Elle empêche seulement les matières colloïdes du sang de passer dans l'eau extérieure.

Exemple : La branchie d'*Octopus* (Poulpe) et, à un moindre degré, celle de *Maja* (Crabe), etc. Chez ces animaux, la concentration moléculaire du sang et sa teneur en sels sont à peu près les mêmes que celles de l'eau extérieure. On peut faire varier dans des limites fort larges la teneur en sels du sang des Crabes, en les transportant successivement dans de l'eau plus ou moins salée (*).

(*) Léon Fredericq, *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 1882. — *Livre jubil. de la Soc. méd. de Gand*, 1884, p. 271. — *Arch. zool. exp.*, 1884 et 1891, p. 117.

Quinton, *Comptes rendus de la Soc. de biologie*, 30 octobre 1897,

B. La membrane branchiale est à la fois *perméable* à l'*eau* et aux *gaz*, mais elle ne laisse pas passer les *substances diffusibles dissoutes*, ni à plus forte raison les substances colloïdes du sang. Elle est comparable aux membranes *semi-perméables* de Moritz Traube. Le sang a la même concentration moléculaire, la même tension osmotique que l'eau extérieure, mais il a une composition très différente, notamment une teneur saline plus faible.

Exemple : La branchie de certains *Poissons plagiostomes;* leur sang présente, d'après Bottazzi (*), une valeur Δ analogue à celle de l'eau de mer (— 2°,29), alors que sa teneur en sels est notablement inférieure à celle de l'eau de mer (Léon Fredericq, Herter, Quinton (**), etc.). Ce sang est riche en substances organiques diffusibles. D'après v. Schroeder (***), le sang de *Scyllium* contient 2.6 °/₀ d'urée (correspondant donc à Δ = — 0°,82). v. Schroeder admet même 3.1 °/₀ dans le plasma, ce qui correspondrait à Δ = — 0°,976.

C. La membrane branchiale n'est *perméable* qu'aux *gaz;* elle ne laisse passer ni l'eau, ni les substances diffusibles dissoutes, ni les colloïdes du sang. Elle est compa-

---

pp. 935-936. — *Comptes rendus de l'Acad. des sciences de Paris,* 26 novembre et 3 décembre 1900.

Bottazzi, *Arch. ital. de biologie,* 1897, t. XXVIII, pp. 61-72.

(*) Bottazzi, *Arch. ital. de biologie,* 1897, t. XXVIII, p. 68.

(**) Quinton, *Comptes rendus de la Soc. de biologie,* 11 mars 1899, pp. 197-199.

(***) v. Schroeder, *Zeitschr. für physiol. Chemie,* 1890, Bd XIV, pp. 576-598.

rable à une *mince membrane de caoutchouc.* Dans ce cas, le sang présente une concentration moléculaire et une tension osmotique, ainsi qu'une teneur en sels, très différentes de celles de l'eau extérieure.

Exemple de sang plus concentré que le milieu extérieur : Le sang de l'*Écrevisse,* contenant 1.3 °/₀ de sels, avec une valeur $\Delta = -0^{\circ},80$, alors que l'eau de l'aquarium donnait $\Delta = -0^{\circ},03$ (*).

Exemple de sang plus dilué que le milieu extérieur : Le sang de certains *Poissons osseux* marins, chez lesquels, d'après Bottazzi, $\Delta = -1^{\circ},04$, alors que pour l'eau extérieure $\Delta = -2^{\circ},29$.

Il est probable que l'imperméabilité de la membrane branchiale pour telle ou telle catégorie de substances n'est pas partout absolue, et qu'il existe une série d'intermédiaires entre les types tranchés que j'ai indiqués, intermédiaires réalisant un isolement de plus en plus parfait du sang ou milieu intérieur vis-à-vis du milieu extérieur. Ainsi, parmi les animaux de la première catégorie *A*, la branchie chez *Octopus* absorbe rapidement les poisons dissous dans l'eau de mer extérieure, notamment la strychnine (expériences de Paul Bert, E. Yung, etc.), tandis qu'il n'en est pas de même pour la branchie des Crabes.

(*) Léon Fredericq, *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (sciences), 3e sér., t. XXXV, n° 6, pp. 831-833, 1898, et *Livre jubilaire dédié à Charles Van Bambeke.* Bruxelles, 1899, pp. 281-284.

—

MISSION SCIENTIFIQUE DU KATANGA. — *Note préliminaire sur les résultats des observations magnétiques faites au Congo de 1898 à 1900;* par le capitaine d'artillerie Charles Lemaire, chef de la mission.

Dans une brochure intitulée : *Astronomie et cartographie pratiques à l'usage des explorateurs de l'Afrique*, le regretté capitaine Delporte exposait, dès 1889, comment il comprenait le « programme d'un explorateur géographe ».

Il mettait notamment en relief l'importance des observations magnétiques, en présentant l'exposé succinct de ce qui avait été fait par tous les peuples civilisés pour apporter un peu de lumière dans la connaissance de l'un des phénomènes les plus complexes et les plus délicats que présentent les forces naturelles.

Montrant les raisons qui militent en faveur d'observations dans le voisinage de l'équateur et particulièrement dans l'énorme masse du continent africain, le capitaine Delporte, avec toute sa foi de savant modeste, rappelait que dans le généreux tournoi des peuples entrés dans la lice magnétique, la Belgique n'avait pas été la dernière à se distinguer et qu'elle avait un passé de gloire à soutenir dans le monde scientifique.

On sait comment le capitaine Delporte, ayant comme adjoint le capitaine Gillis, se rendit alors au Congo, où ses cendres reposent à jamais...

A la fin de 1897, le gouvernement du Roi-Souverain voulut bien nous appeler à l'honneur d'organiser et de conduire dans le sud de son territoire une mission scientifique.

Sous la direction du capitaine Gillis, d'une part le

matériel astronomique et magnétique fut réuni et mis en usage à l'Institut cartographique militaire, tandis que, d'autre part, le chef de la mission recevait du même camarade l'enseignement qui lui était nécessaire. M. Ch. Lagrange voulut bien compléter notre préparation et nous aider à déterminer les constantes magnétiques de notre magnétomètre.

Le cercle méridien de Secrétan, le magnétomètre et les méthodes d'observation ont été décrits et développés par le capitaine Gillis dans l'Introduction aux *Observations magnétiques et astronomiques exécutées sur le territoire de l'État Indépendant du Congo*, que l'Académie a publiées dans le tome LIII de ses *Mémoires* in-4°.

C'est à cette introduction que nous renvoyons donc, nous contentant de dire que nous avons considéré comme un honneur de reprendre les méthodes appliquées par Delporte et Gillis.

*
* *

Un mot au sujet du théodolite magnétique d'Hurlimann.

L'instrument est à lunette excentrique, analogue aux théodolites ordinaires, mais avec cette particularité qu'une pièce additionnelle, en forme de boîte rectangulaire fermée par un couvercle avec glace, peut se fixer sur une plaque en laiton tournant autour de l'axe de l'instrument, et pouvant être rendue solidaire ou indépendante du cercle azimutal, de manière à donner la déclinaison magnétique.

A cet effet, la pièce additionnelle ayant reçu une aiguille aimantée, est amenée dans le méridien magnétique, tandis que la lunette est dirigée sur un jalon

déterminant le méridien astronomique; après avoir obtenu l'angle azimutal correspondant à ce dernier, on ramène l'axe optique de la lunette sur la pointe de l'aiguille aimantée, on fait la lecture du nouvel angle azimutal qui, par différence avec le premier, donne la déclinaison. Pour corriger les erreurs de collimation de la lunette, de collimation du pivot (le pivot de l'aiguille ne se trouvant pas dans le plan vertical de l'axe optique de la lunette), de collimation de l'aiguille (l'axe magnétique de l'aiguille ne coïncidant pas avec l'axe de figure), on conduit l'observation de déclinaison comme suit :

Les observations astronomiques étant terminées, on connaît, par les calculs de la dernière soirée, la déviation azimutale de l'axe optique de la lunette et, par conséquent, l'azimut vrai de la direction déterminée par l'axe optique de la lunette du théodolite; on suppose que l'instrument est resté sur son trépied jusqu'au moment de l'observation de déclinaison, ou qu'un jalon a été planté la veille fixant la position de l'instrument, cercle à l'est, par exemple.

En ce qui nous concerne, nous avons évité les visées sur jalon; chaque fois que la chose était possible, nous laissions l'instrument sur son trépied entre la dernière observation astronomique et la détermination de déclinaison.

De cette façon, le cercle étant par exemple à l'est, nous n'avions qu'à lire l'azimut indiqué pour avoir l'azimut de l'axe optique de la lunette; en retournant l'instrument cercle à l'ouest, les deux angles d'azimut, se modifiant de 180°, restaient en réalité les mêmes; seule la déviation azimutale changeait par suite de la collimation. Nous avions donc à appliquer la déviation azimutale pour le cercle à l'ouest et à prendre la moyenne.

STATIONS.	LATITUDE.	LONGITUDE EST de Greenwich.	MAGNÉTISME.			DATE d'observation de la déclinaison (1).
			DÉCLINAISON occidentale.	INCLINAISON.	INTENSITÉ horizontale.	
Moliro, station (lac Tanganika). Altit. de la station : 817 mètres.	- 8°14'18"	30°34'59"	11°13'26"	36°43'	0,1270	Moyenne du 19 août et du 30 août 1898.
M'Boulou, village. Altitude : 1110 mètres.	- 8 8 22	30 5 36	11 14 33	»	»	3 septembre 1898.
Étang Souzi. Altitude : 1180 mètres.	- 8 7 14	29 58 1	11 27 54	35 33	0,1315	5 septembre 1898.
Kibwéwé, village (chutes de la M'pongwé). Altitude : 1220 mètres.	- 8 2 12	29 55 41	11 33 5	34 55	0,1267	6 septembre 1898.
Kitétéma, village. Altitude : 1000 mètres.	- 8 16 50	29 54 49	11 33 39	35 34 (25 sept.)	0,1303 (25 sept.)	9 septembre 1898.
N'Tambala, village. Altitude : 965 mètres.	- 8 27 15	30 6 43	11 34 49	36 14	0,1303	24 septembre 1898.
Kitope, village.	- 8 20 14	29 30 48	11 42 39	36 8	0,1298	20 septembre 1898.

Kisabi, village. Altitude : 955 mètres.	- 8 1 48	29 6 30	12 3 45	35 32	0,1294	8 octobre 1898.
Kassama, village (Salines). Altitude : 910 mètres.	- 8 7 46	28 51 40	12 9 26	37 32	0,1261	11 octobre 1898.
M'Pwèto, station (lac Moéro). Altit. de la station : 976 mètres.	- 8 28 33	28 52 56	12 9 36	36 11	0,1311	31 octobre 1898.
Rivière Molombé (ancien village Kaloulwa). Altitude : 1095 mètres.	- 8 50 41	28 35 12	12 11 26	37 23	0,1350	11 janvier 1899.
Mobanga, village. Altitude : 960 mètres.	- 9 5 3	28 22 16	12 18 51	32 21	0,1311	14 janvier 1899.
Camp de Molinga. Altitude : 966 mètres.	- 9 17 26	28 24 34	12 42 20	36 49	0,1320	18 janvier 1899.
Kabèça, village (chef Kilomba). Altitude : 960 mètres.	- 9 23 21	28 21 16	12 35 9	37 10	0,1345	23 janvier 1899.
Wamôla, village (chef Kia'n'sambalé). Altitude : 965 mètres.	- 9 46 4	28 13 11	12 56 57	36 46	0,1356	11 février 1899.
Pawindé, village (chef Kapwassa). Altitude : 965 mètres.	- 9 56 39	28 10 41	13 21 13	37 7	0,1351	14 février 1899.

(1) En règle générale, les observations des trois composantes magnétiques ont été faites le même jour; par exception, les observations commencées un jour étaient continuées le lendemain matin.

STATIONS.	LATITUDE.	LONGITUDE EST de Greenwich.	MAGNÉTISME.			DATE d'observation de la déclinaison.
			DÉCLINAISON occidentale.	INCLINAISON.	INTENSITÉ horizontale.	
Rivière Kaboula M'pakati Altitude : 1497 mètres.	- 9°56'54"	27°58'30"	13° 0'16"	37°22'	0,1355	16 février 1899.
Lofoi, station. Altitude : 900 mètres.	- 10 11 44	27 25 24	13 15 13	37 57	0,1364	25 mars 1899.
Lou-n'koubé, village (chef Potchia). Altitude : 960 mètres.	- 10 0 11	27 27 42	12 58 42	37 26	0,1360	8 mai 1899.
Moambé, village (chef Kayomba-Kissokombéla). Altitude : 929 mètres.	- 9 53 24	27 31 00	12 57 27	35 55	0,1353	10 mai 1899.
Loufwa, village. Altitude : 887 mètres.	- 9 38 14	27 13 10	12 53 1	37 7	0,1337	16 mai 1899.
Chutes Kloubo. Altitude : [illegible] mètres.	- 9 30 50	27 2 25	13 1 50	36 42	0,1331	18 mai 1899.

Kiboué, village (chef Kiombo). Altitude : 849 mètres.	- 9 25 54	26 58 15	13 4 20	37 33	0,1314	23 mai 1899.
Dissanga, village. Altitude : 889 mètres.	- 9 46 9	27 3 8	13 3 53	35 52	0,1343	28 mai 1899.
Kilombé, village (chef Mirambo). Altitude : 901 mètres.	- 9 54 47	27 1 4	13 10 42	38 15	0,1336	29 mai 1899.
Kamiba, village (chef Makiabondo). Altitude : 927 mètres.	- 10 25 44	27 8 36	13 27 23	38 12	0,1371	2 juin 1899.
Camp de la Kalindila. Altitude : 937 mètres.	- 10 26 3	27 19 44	13 23 4	38 25	»	4 juin 1899.
Toupissia, village (chef Mokandé-Bantou). Altitude : 894 mètres.	- 10 27 2	27 29 33	13 24 18	38 49	0,1365	5 juin 1899.
Loukafou, station. Altitude : 950 mètres.	- 10 30 50	27 33 10	13 23 23	40 5	0,1366	6 juin 1899.
Kipanda, village (chef Moéména). Altitude : 904 mètres.	- 10 18 15	27 27 13	13 21 28	38 3	0,1348	8 juin 1899.
Kitôta, village (chef Maléma, fils de M'Siri). Altitude : 965 mètres.	- 10 23 13	26 59 54	13 26 5	»	»	3 juillet 1899.

STATIONS.	LATITUDE.	LONGITUDE EST de Greenwich.	MAGNÉTISME.			DATE d'observation de la déclinaison.
			DÉCLINAISON occidentale.	INCLINAISON.	INTENSITÉ horizontale.	
Camp de la rivière Kitana. Altitude : 1135 mètres.	- 10°33'34"	26°45'57"	13°20'28"	38°53'	0,1347	6 juillet 1899.
Balebi, village (chef N'Kouba). Altitude : 1123 mètres.	- 10 40 28	26 27 55	13 52 52	38 45	0,1360	8 juillet 1899.
Grottes de Kiamakélé. Altitude : 1290 mètres.	- 10 31 45	26 11 50	13 50 29	38 7	0,1323	11 juillet 1899.
Makouyou, village (chef N'Dourira ou Moëlwa). Altitude : 1312 mètres.	- 10 47 54	26 8 43	13 55 56	39 9	0,1363	14 juillet 1899.
Ancien village Kapé'm'ba (chef Kazembé). Altitude : 1317 mètres.	- 10 45 12	25 46 45	14 6 59	38 89	0,1248	17 juillet 1899.
Mawékounôna, village (chef Tambo). Altitude : 1452 mètres.	- 10 41 55	25 22 52	14 12 45	39 30	0,1390	25 juillet 1899.
Camp du N'Zilou (rive gauche du Lou Alaba). Altitude : 1297 mètres.	- 10 30 18	25 30 43	14 1 55	38 0	0.1323	28 juillet 1899.

Camp de la rivière Ka'a (rive gauche). Altitude : 1090 mètres.	- 10 22 31	25 21 45	13 58 40	38 45	0,1342	1er août 1899.
Camp de la rivière Kitomisambo (rive gauche). Altitude : 1137 mètres.	- 10 27 41	25 9 25	14 8 52	38 41	0,1360	3 août 1899.
Camp de la rivière N'Golo (rive droite). Altitude : 1130 mètres.	- 10 20 29	25 8 19	14 6 5	38 8	0,1358	5 août 1899.
1er camp de la rivière Louabo (rive gauche). Altitude : 1150 mètres.	- 10 14 21	24 58 56	14 0 59	37 37	0,1355	7 août 1899.
1er camp au Louboudi (rive droite), au confluent de la Kipwéchi (rive gauche). Altitude : 920 mètres.	- 10 2 46	24 46 19	13 58 43	37 48	0,1347	9 août 1899.
3e camp au Louboudi (rive droite), village Pali-Imba (chef Mwacha-Mouchinga). Altitude : 998 mètres.	- 10 19 22	24 41 6	14 10 28	37 31	0,1366	12 août 1899.
5e camp au Louboudi (rive gauche), près du village Pakalwa (chef Kiuianta). Altitude : 1089 mètres.	- 10 35 21	24 40 48	14 26 20	38 45	0,1382	15 août 1899.
Bemba, village (chef Hipôta). Altitude : 1245 mètres.	- 10 30 27	24 17 26	14 6 30	37 14	0,1355	20 août 1899.

STATIONS.	LATITUDE.	LONGITUDE EST de Greenwich.	MAGNÉTISME.			DATE d'observation de la déclinaison.
			DÉCLINAISON occidentale.	INCLINAISON.	INTENSITÉ horizontale.	
Kassokélo, village (chef Kazembé n'tanda). Altitude : 1247 mètres.	- 10°34'52"	24°12'52"	14°12'30"	38°58'	0,1390	21 août 1899.
Camp de la Kéfounda (rive droite). Altitude : 1288 mètres.	- 10 31 26	23 53 14	14 42 16	37 26	0,1393	25 août 1899.
Camp de la Katotôchi (rive gauche). Altitude : 1227 mètres.	- 10 31 37	23 39 8	14 31 0	36 56	0,1374	27 août 1899.
Kapindji, village (chef Moïnda). Altitude : 1110 mètres.	- 10 30 9	23 17 29	14 24 36	38 1	0,1379	29 août 1899.
Loutôho, village (chef N'Sa-m'boumba). Altitude : 1167 mètres.	- 10 32 24	22 58 27	14 50 23	38 17	0,1379	31 août 1899.
Moussaka, village (chef Moukounda). Altitude : 1038 mètres.	- 10 27 3	22 34 41	14 39 59	38 17	0,1390	4 septembre 1899.
Camp sur le Haut-Kassaï (rive droite). Altitude : 971 mètres.	- 10 30 48	22 16 30	14 56 52	36 51	0,1363	6 septembre 1899.

Camp de la rivière Zananga (rive gauche). Altitude : 1062 mètres.	- 10 49 23	22 11 45	14 59 9	37 26	0,1390	8 septembre 1899.
Village du chef Tchimouli (rive droite de la Louvoua). Altitude : 1115 mètres.	- 11 15 58	22 2 10	15 40 37	39 20	0,1393	10 septembre 1899.
Lac Dilolo (rive occidentale). Altitude : 1100 mètres.	- 11 30 3	22 2 40	15 40 9	37 35	0,1429 jeudi 14 sept. 1899 0,1439 dimanche 17 sept	12 septembre 1899.
Rivière Okalinda (rive droite). Altitude : 1095 mètres.	- 11 11 22	22 19 51	15 29 24	38 28	0,1418	21 septembre 1899.
Camp de la rivière Machibi (rive droite). Altitude : 1143 mètres.	- 11 8 21	22 37 16	15 9 2	38 50	0,1397	23 septembre 1899.
Village de la Femme-chef Malia. Altitude : 1198 mètres.	- 10 59 39	23 9 28	14 59 5	39 32	0,1400	26 septembre 1899.
Village du chef Katendé. Altitude : 1250 mètres.	- 10 54 36	23 25 44	14 40 37	38 49	0,1392	28 septembre 1899.
Rivière Kambongué (rive droite). Altitude : 1247 mètres.	- 10 58 16	23 45 18	14 41 42	38 11	0,1392	1er octobre 1899.
Camp du mardi 3 octobre 1899 : Ruisseau Kalouila (rive gauche). Altitude : 1255 mètres.	- 10 55 1	24 4 31	14 13 22	38 16	0,1389	3 octobre 1899.

STATIONS.	LATITUDE.	LONGITUDE EST de Greenwich.	MAGNÉTISME.			DATE d'observation de la déclinaison.
			DÉCLINAISON occidentale.	INCLINAISON.	INTENSITÉ horizontale.	
Ruisseau Zaza (rive droite). Village du chef Mou-inda. Altitude : 1316 mètres.	- 11° 4'42"	24°28' 4"	14°24'52"	38°32'	0,1402	6 octobre 1899.
Rivière Kouléchi (rive droite). Village du chef Ia-Mwana. Altitude : 1300 mètres.	- 11 10 53	24 36 13	14 33 12	38 57	0,1402	7 octobre 1899.
Rivière Louakéra (rive droite). Village du chef Kapokosso. Altitude : 1360 mètres.	- 11 32 27	24 34 35	14 58 18	38 59	0,1429	13 octobre 1899.
Sources du ruisseau Tchi-Mwé-Woulou (rive gauche). Village du chef Kakoméné. Altitude : 1400 mètres.	- 11 11 48	25 8 53	14 39 32	39 1	0,1396	21 octobre 1899.
Rivière Kanguéré (rive droite). Village du chef Swana-Momi. Altitude : 1485 mètres.	- 11 13 8	25 25 36	14 29 2	39 46	0,1413	24 octobre 1899.

Rivière Kakoura (rive droite). Altitude : 1425 mètres.	- 11 30 13	25 34 17	14 39 21	39 32	0,1402	26 octobre 1899.
Sources du ruisseau Kafounda. Altitude : 1510 mètres.	- 11 28 49	25 21 17	14 46 1	39 9	0,1368	28 octobre 1899.
Étang Pempéré. Altitude : 1475 mètres.	- 11 45 4	25 36 27	14 30 32	39 48	0,1416	31 octobre 1899.
Sources du ruisseau Ka-Michi (rive droite). Altitude : 1475 mètres.	- 11 48 26	25 44 45	14 33 51	39 28	0,1405	14 novembre 1899.
Village du chef Kaloulwa (collines de magnétite). Altitude : 1475 mètres	- 11 48 42	25 59 54	14 7 15	39 12	0,1424	18 novembre 1899.
Camp du pic Di-Tamba (sources du ruisseau Kiteau). Altitude : 1458 mètres.	- 11 53 15	26 10 6	14 55 48	39 34	0,1408	20 novembre 1899.
Pic Mou-Sofi, sources du ruisseau Mou-Sofi (rive droite). Altitude : 1500 mètres.	- 11 53 9	26 28 28	14 45 38	41 5	0,1456	22 novembre 1899.
Sources du Lou-Alaba. Altitude : 1470 mètres.	- 11 45 29	26 32 17	14 27 25	40 10	0,1416	23 novembre 1899.
Village du chef Ki-Tchaba (rive droite de la Mwé-Mwachi). Altitude : 1190 mètres.	- 11 32 57	26 51 4	14 20 11	39 48	0,1397	26 novembre 1899.
Camp aux sources de la Mwé-Mwachi (rive gauche) Altitude : 1440 mètres.	- 11 58 24	26 53 51	14 7 16	39 57	0,1417	3 décembre 1899.

STATIONS.	LATITUDE.	LONGITUDE EST de Greenwich.	MAGNÉTISME.			DATE d'observation de la déclinaison (1).
			DÉCLINAISON occidentale.	INCLINAISON.	INTENSITÉ horizontale.	
Moliro, station (lac Tanganika). Altit. de la station : 817 mètres.	- 8°14'18"	30°34'59"	11°13'26"	36°43'	0,1270	Moyenne du 19 août et du 30 août 1898.
M'Boulou, village. Altitude : 1110 mètres.	- 8 8 22	30 5 36	11 14 33	»	»	3 septembre 1898.
Étang Souzi. Altitude : 1180 mètres.	- 8 7 14	29 58 1	11 27 54	35 33	0,1315	5 septembre 1898.
Kibwéwé, village (chutes de la M'pongwé). Altitude : 1220 mètres.	- 8 2 12	29 55 41	11 33 5	34 55	0,1267	6 septembre 1898.
Kitétéma, village. Altitude : 1000 mètres.	- 8 16 50	29 54 49	11 33 39	35 34 (25 sept.)	0,1303 (25 sept.)	9 septembre 1898.
N'Tambala, village. Altitude : 965 mètres.	- 8 27 15	30 6 43	11 34 49	36 14	0,1303	24 septembre 1898.
Kitope, village. [illegible]	- 8 20 14	29 30 48	11 42 32	36 8	0,1295	20 septembre 1898.

Village Ka-honga (chef Ki-Chiba), rivière Kanda (rive gauche). Altitude : 932 mètres	- 9 26 19	27 22 0	12 39 24	36 42	0,1348	3 février 1900.
Village Pa-Mousofi (chef Ka-bato), rive gauche de la Mou-sofi. Altitude : 988 mètres.	- 9 12 26	27 26 37	12 27 41	36 47	0,1332	6 février 1900.
Village du chef N'Gèla (rive droite de la Lou-Ambaji). Altitude : 1175 mètres.	- 8 55 37	27 45 24	12 21 46	35 46	0,1319	10 février 1900.
Village du chef Ka-Babila (rive gauche Lou-Boulé). Altitude : 990 mètres.	- 8 41 30	28 14 1	12 35 6	35 11	0,1299	18 février 1900.
Village du chef Mou-Tombo (rive droite Mou-Lenda). Altitude : 986 mètres.	- 8 36 53	28 29 26	12 3 22	35 55	0,1309	21 février 1900.
Village du chef Niemba-Kounda (lac Moéro, rive occidentale). Altitude : 1235 mètres.	- 8 37 16	28 44 57	11 42 12	36 23	0,1305	22 février 1900.
M'Pwèto, station. Altitude : 976 mètres.	- 8 28 33	28 52 23	11 58 24	35 46	0,1297	24 février 1900.
Camp de M'Pembé (dans la brousse). Altitude : 1146 mètres.	- 8 9 35	29 3 3	11 49 3	35 21	0,1281	27 mars 1900.
Village du chef Kissabi (rive gauche du ruisseau N'Toumba). Altitude : 955 mètres.	- 8 1 10	29 6 1	11 46 31	35 5	0,1286	28 mars 1900.

STATIONS.	LATITUDE.	LONGITUDE EST de Greenwich.	MAGNÉTISME.			DATE d'observation de la déclinaison.
			DÉCLINAISON occidentale.	INCLINAISON.	INTENSITÉ horizontale.	
[illegible] (rive droite de la Lou-Foukou). Altitude : 1382 mètres.	- 7°33'25"	29°22'12"	11°28'46"	33°53'	0,1256	2 avril 1900.
[illegible]inville, [illegible]	- 7 3 8	29 42 55	10 42 42	33 25	0,1249	12 avril 1900.
[illegible] (rive droite Lou-[illegible]) Altitude : 1200 mètres.	- 7 9 10	29 25 36	11 41 58	32 30	0,1269	23 avril 1900.
[illegible]toine, [illegible]-Tondo [illegible]mètres	- 6 52 20	29 30 19	10 47 2	34 19	0,1251	27 avril 1900.
Mission de M'Pala (rive occidentale du Tanganika, rive droite du Lou-Fouko). Altitude : 808 mètres.	- 6 44 15	29 31 36	11 19 43	32 11	0,1244	28 avril 1900.

Kiboué, village (chef Kiombo). Altitude : 849 mètres.	- 9 25 54	26 58 15	13 4 20	37 33	0,1314	23 mai 1899.
Dissanga, village. Altitude : 889 mètres.	- 9 46 9	27 3 8	13 3 53	35 52	0,1343	28 mai 1899.
Kilombé, village (chef Mirambo). Altitude : 901 mètres.	- 9 54 47	27 1 4	13 10 42	38 15	0,1336	29 mai 1899.
Kamiba, village (chef Makiabondo). Altitude : 927 mètres.	- 10 25 44	27 8 36	13 27 23	38 12	0,1371	2 juin 1899.
Camp de la Kalindila. Altitude : 937 mètres.	- 10 26 3	27 19 44	13 23 4	38 25	»	4 juin 1899.
Toupissia, village (chef Mokandé-Bantou). Altitude : 894 mètres.	- 10 27 2	27 29 33	13 24 18	38 49	0,1365	5 juin 1899.
Loukafou, station. Altitude : 950 mètres.	- 10 30 50	27 33 10	13 23 23	40 5	0,1366	6 juin 1899.
Kipanda, village (chef Moéména). Altitude : 904 mètres.	- 10 18 15	27 27 13	13 21 28	38 3	0,1348	8 juin 1899.
Kitôta, village (chef Maléma, fils de M'Siri). Altitude : 965 mètres.	- 10 23 13	26 59 54	13 26 5	»	»	3 juillet 1899.

STATIONS.	LATITUDE.	LONGITUDE EST de Greenwich.	MAGNÉTISME.			DATE d'observation de la déclinaison.
			DÉCLINAISON occidentale.	INCLINAISON.	INTENSITÉ horizontale.	
Camp de la rivière Kitana. Altitude : 1135 mètres.	- 10°33'34"	26°45'57"	13°20'28"	38°53'	0,1347	6 juillet 1899.
Balebi, village (chef N'Kouba). Altitude : 1123 mètres.	- 10 40 28	26 27 55	13 52 52	38 45	0,1360	8 juillet 1899.
Grottes de Kiamakélé. Altitude : 1290 mètres.	- 10 31 45	26 11 50	13 50 29	38 7	0,1323	11 juillet 1899.
Makouyou, village (chef N'Dourira ou Moëlwa). Altitude : 1312 mètres.	- 10 47 54	26 8 43	13 55 56	39 9	0,1363	14 juillet 1899.
Ancien village Kapé'm'ba (chef Kazembé). Altitude : 1317 mètres.	- 10 45 12	25 46 45	14 6 59	38 89	0,1348	17 juillet 1899.
Mawékounôna, village (chef Tambo). Altitude : 1452 mètres.	- 10 41 55	25 22 52	14 12 45	39 30	0,1390	25 juillet 1899.
Camp du N'Zilou (rive gauche du Lou Alaba). Altitude : 1297 mètres.	- 10 30 18	25 30 43	14 1 55	38 0	0.1323	28 juillet 1899.

Camp de la rivière Ka'a (rive gauche). Altitude : 1000 mètres.	- 10 22 31	25 21 45	13 58 40	38 45	0,1342	1er août 1899.
Camp de la rivière Kitomisambo (rive gauche). Altitude : 1137 mètres.	- 10 27 41	25 9 25	14 8 52	38 41	0,1360	3 août 1899.
Camp de la rivière N'Golo (rive droite). Altitude : 1130 mètres.	- 10 20 29	25 8 19	14 6 5	38 8	0,1358	5 août 1899.
1er camp de la rivière Louabo (rive gauche). Altitude : 1150 mètres.	- 10 14 21	24 58 56	14 0 59	37 37	0,1355	7 août 1899.
1er camp au Louboudi (rive droite), au confluent de la Kipwéchi (rive gauche). Altitude : 920 mètres.	- 10 2 46	24 46 19	13 58 43	37 48	0,1347	9 août 1899.
3e camp au Louboudi (rive droite), village Pali-Imba (chef Mwacha-Mouchinga). Altitude : 998 mètres.	- 10 19 22	24 41 6	14 10 28	37 31	0,1366	12 août 1899.
5e camp au Louboudi (rive gauche), près du village Pakalwa (chef Kinianta). Altitude : 1089 mètres.	- 10 35 21	24 40 48	14 26 20	38 45	0,1389	15 août 1899.
Bemba, village (chef Hipôta). Altitude : 1245 mètres.	- 10 30 27	24 17 26	14 6 30	37 14	0,1385	20 août 1899.

STATIONS.	LATITUDE.	LONGITUDE EST de Greenwich.	MAGNÉTISME.			DATE d'observation de la déclinaison.
			DÉCLINAISON occidentale.	INCLINAISON.	INTENSITÉ horizontale.	
Ruisseau Zaza (rive droite). Village du chef Mou-inda. Altitude : 1346 mètres.	- 11° 4'42"	24°28' 4"	14°24'52"	38°32'	0,1402	6 octobre 1899.
Rivière Kouléchi (rive droite). Village du chef Ia-Mwana. Altitude : 1300 mètres.	- 11 10 53	21 36 13	14 33 12	38 57	0,1402	7 octobre 1899.
Rivière Louakéra (rive droite). Village du chef Kapokosso. Altitude : 1360 mètres.	- 11 32 27	24 34 35	14 58 18	38 59	0,1429	13 octobre 1899.
Sources du ruisseau Tchi-Mwé-Woulou (rive gauche). Village du chef Kakoméné. Altitude : 1400 mètres.	- 11 11 48	25 8 53	14 39 32	39 1	0,1396	21 octobre 1899.
Rivière Kanguéré (rive droite). Village du chef Swana-Momi. Altitude : 1485 mètres.	- 11 13 8	25 25 36	14 29 2	39 46	0,1413	24 octobre 1899.

Rivière Kakoura (rive droite). Altitude : 1425 mètres.	- 11 30 13	25 34 17	14 39 21	39 32	0,1402	26 octobre 1899.
Sources du ruisseau Kafounda. Altitude : 1510 mètres.	- 11 28 49	25 21 17	14 46 1	39 9	0,1368	28 octobre 1899.
Étang Pempéré. Altitude : 1475 mètres.	- 11 45 4	25 36 27	14 30 32	39 48	0,1416	31 octobre 1899.
Sources du ruisseau Ka-Michi (rive droite). Altitude : 1475 mètres.	- 11 48 26	25 44 45	14 33 51	39 28	0,1405	14 novembre 1899.
Village du chef Kaloulwa (collines de magnétite). Altitude : 1475 mètres	- 11 48 42	25 59 54	14 7 15	39 12	0,1424	18 novembre 1899.
Camp du pic Di-Tamba (sources du ruisseau Kiteau). Altitude : 1458 mètres.	- 11 53 15	26 10 6	14 55 48	39 34	0,1408	20 novembre 1899.
Pic Mou-Sofi, sources du ruisseau Mou-Sofi (rive droite). Altitude : 1500 mètres.	- 11 53 9	26 28 28	14 45 38	41 5	0,1456	22 novembre 1899.
Sources du Lou-Alaba. Altitude : 1470 mètres.	- 11 45 29	26 32 17	14 27 25	40 10	0,1416	23 novembre 1899.
Village du chef Ki-Tchaba (rive droite de la Mwé-Mwachi). Altitude : 1190 mètres.	- 11 32 57	26 51 4	14 20 11	39 48	0,1397	26 novembre 1899.
Camp aux sources de la Mwé-Mwachi (rive gauche) Altitude : 1440 mètres.	- 11 58 24	26 53 51	14 7 16	39 57	0,1417	3 décembre 1899.

STATIONS.	LATITUDE.	LONGITUDE EST de Greenwich.	MAGNÉTISME.			DATE d'observation de la déclinaison.
			DÉCLINAISON occidentale.	INCLINAISON.	INTENSITÉ horizontale.	
Ruisseau Zaza (rive droite). Village du chef Mou-inda. Altitude : 1346 mètres.	- 11° 4'42"	24°28' 4"	14°24'52"	38°32'	0,1402	6 octobre 1899.
Rivière Kouléchi (rive droite). Village du chef Ia-Mwana. Altitude : 1300 mètres.	- 11 10 53	24 36 13	14 33 12	38 57	0,1402	7 octobre 1899.
Rivière Louakéra (rive droite). Village du chef Kapokosso. Altitude : 1360 mètres.	- 11 32 27	24 34 35	14 58 18	38 59	0,1429	13 octobre 1899.
Sources du ruisseau Tchi-Mwé-Woulou (rive gauche). Village du chef Kakoméné. Altitude : 1400 mètres.	- 11 11 48	25 8 53	14 39 32	39 1	0,1396	21 octobre 1899.
Rivière Kanguéré (rive droite). Village du chef Swana-Momi. Altitude : 1485 mètres.	- 11 13 8	25 25 36	14 29 2	39 46	0,1413	24 octobre 1899.

Rivière Kakoura (rive droite). Altitude : 1425 mètres.	- 11 30 13	25 34 17	14 39 21	39 32	0,1402	26 octobre 1899.
Sources du ruisseau Kafounda. Altitude : 1520 mètres.	- 11 28 49	25 21 17	14 46 1	39 9	0,1368	28 octobre 1899.
Étang Pempéré. Altitude : 1475 mètres.	- 11 45 4	25 36 27	14 30 32	39 48	0,1416	31 octobre 1899.
Sources du ruisseau Ka-Michi (rive droite). Altitude : 1475 mètres.	- 11 48 26	25 44 45	14 33 51	39 28	0,1405	14 novembre 1899.
Village du chef Kaloulwa (collines de magnétite). Altitude : 1475 mètres	- 11 48 42	25 59 54	14 7 15	39 12	0,1424	18 novembre 1899.
Camp du pic Di-Tamba (sources du ruisseau Kiteau). Altitude : 1458 mètres.	- 11 53 15	26 10 6	14 55 48	39 34	0,1408	20 novembre 1899.
Pic Mou-Sofi, sources du ruisseau Mou-Sofi (rive droite). Altitude : 1500 mètres.	- 11 53 9	26 28 28	14 45 38	41 5	0,1456	22 novembre 1899.
Sources du Lou-Alaba. Altitude : 1470 mètres.	- 11 45 29	26 32 17	14 27 25	40 10	0,1416	23 novembre 1899.
Village du chef Ki-Tchaba (rive droite de la Mwé-Mwachi). Altitude : 1190 mètres.	- 11 32 57	26 51 4	14 20 11	39 48	0,1397	26 novembre 1899.
Camp aux sources de la Mwé-Mwachi (rive gauche) Altitude : 1440 mètres.	- 11 58 24	26 53 51	14 7 16	39 57	0,1417	3 décembre 1899.

STATIONS.	LATITUDE.	LONGITUDE EST de Greenwich.	MAGNÉTISME.			DATE d'observation de la déclinaison.
			DÉCLINAISON occidentale.	INCLINAISON.	INTENSITÉ horizontale.	
Village Mi-Chirou (chef Ka Tanga) rive gauche de la Sofu-Mouongo. Altitude : 1215 mètres.	-11°17'47"	27° 5'47"	13°56'36"	39°15'	0,1432	9 décembre 1899.
Village Mou-Imbwa ou Kilemba (chef Bola). Altitude : 1190 mètres.	-11 4 14	27 11 21	13 50 32	38 57	0,1401	13 décembre 1899.
Village Pa-Kanoké (chef Mo-achia). rive gauche Mou-Longa. Altitude : 975 mètres.	-10 42 46	27 23 49	13 34 11	38 56	0,1376	19 décembre 1899.
Lou-Kafou, station. Altitude : 950 mètres.	-10 30 50	27 33 10	13 19 44	38 7	0,1353	29 décembre 1899.
Lofoï, station. Altitude : 900 mètres.	-10 11 44	27 25 24	13 7 24	37 6	0,1366	10 janvier 1900.
Rivière Lou-Boungwé (rive droite), près du village du chef Ka-Chioba. Altitude : 957 mètres.	- 9 42 46	27 25 30	12 47 20	36 40	0,1358	31 janvier 1900.

Village Ka-bonga (chef Ki-Chiba), rivière Kanda (rive gauche). Altitude : 932 mètres	- 9 26 19	27 22 0	12 39 24	36 42	0,1348	3 février 1900.
Village Pa-Mousofi (chef Ka-bato), rive gauche de la Mou-sofi. Altitude : 988 mètres.	- 9 12 26	27 26 37	12 27 41	36 47	0,1332	6 février 1900.
Village du chef N'Gèla (rive droite de la Lou-Ambaji). Altitude : 1175 mètres.	- 8 55 37	27 45 24	12 21 46	35 46	0,1319	10 février 1900.
Village du chef Ka-Babila (rive gauche Lou-Boulé). Altitude : 990 mètres.	- 8 41 30	28 14 1	12 35 6	35 11	0,1299	18 février 1900.
Village du chef Mou-Tombo (rive droite Mou-Lenda). Altitude : 986 mètres.	- 8 36 53	28 29 26	12 3 22	35 55	0,1309	21 février 1900.
Village du chef Niemba-Kounda (lac Moéro, rive occidentale). Altitude : 1235 mètres.	- 8 37 16	28 44 57	11 42 12	36 23	0,1305	22 février 1900.
M'Pwèto, station. Altitude : 976 mètres.	- 8 28 33	28 52 23	11 58 24	35 46	0,1297	24 février 1900.
Camp de M'Pembé (dans la brousse). Altitude : 1146 mètres.	- 8 9 35	29 3 3	11 49 3	35 21	0,1281	27 mars 1900.
Village du chef Kissabi (rive gauche du ruisseau N'Toumba). Altitude : 955 mètres.	- 8 1 10	29 6 1	11 46 31	35 5	0,1286	28 mars 1900.

STATIONS.	LATITUDE.	LONGITUDE EST de Greenwich.	MAGNÉTISME.			DATE d'observation de la déclinaison.
			DÉCLINAISON occidentale.	INCLINAISON.	INTENSITÉ horizontale.	
Ancien village du chef Ka'm'péra (rive droite de la Lou-Foukou). Altitude : 1382 mètres.	- 7°33'25"	29°22'12"	11°28'46"	33°53'	0,1256	2 avril 1900.
Baudouinville, mission d s Pères blancs (mont Roumbi). Altitude : 11 0 mètres.	- 7 3 8	29 42 55	10 42 42	33 25	0,1249	12 avril 1900.
Mission de Lou-Saka (rive droite Lou-Fouko). Altitude : 1200 mètres.	- 7 9 10	29 25 36	11 41 58	32 30	0,1269	23 avril 1900.
Village de Saint-Antoine, sources du ruisseau Ka-Tondo (rive gauche). Altitude : 1396 mètres.	- 6 52 20	29 30 19	10 47 2	34 19	0,1251	27 avril 1900.
Mission de M'Pala (rive occidentale du Tanganika, rive droite du Lou-Fouko). Altitude : 808 mètres.	- 6 44 15	29 31 36	11 19 43	32 11	0,1244	28 avril 1900.

(chef Routoukou), rive droite de la Ka-m'pinda. Altitude : 800 mètres.	- 6 12 2	29 19 18	10 30 0	31 50	0,1234	3 mai 1900
M'Towa, station, lac Tanganika (rive occidentale). Altitude : 815 mètres.	- 5 42 59	29 22 40	10 19 27	30 53	0,1209	10 mai 1900.
Village Ki-bichia (femme-chef Mbwibwi-Mangomba), rive droite du ruisseau Ki-Sambi.	- 5 46 3	29 4 11	10 27 36	30 56	0,1212	16 mai 1900.
Camp de la rivière Mou-ichié (rive gauche).	- 5 28 25	28 47 36	10 22 26	30 0	0,1217	19 mai 1900
Village Kabondwé (chef Ka-m'poulou), rive gauche Bi-chiélé.	- 5 15 48	28 37 53	10 27 25	29 32	0,1204	21 mai 1900.
Mifoucho, station, dite Soungoula-station.	- 4 55 38	28 23 40	10 15 57	28 47	0,1200	23 mai 1900.
Ruisseau Mounia-Bemba, rive gauche à 800 m. à l'ouest du village Wissi-Maloungou (chef Lounanga).	- 4 43 13	28 3 45	10 15 18	29 47	0,1185	26 mai 1900.
Ka-bambaré, station (rive gauche Lou-élo).	- 4 41 15	27 42 46	10 22 57	28 26	0,1187	28 mai 1900.

STATIONS.	LATITUDE.	LONGITUDE EST de Greenwich.	MAGNÉTISME.			DATE d'observation de la déclinaison.
			DÉCLINAISON occidentale.	INCLINAISON.	INTENSITÉ horizontale.	
Village Makanga (chef Mwarabon).	- 4°43'47"	27°23'34"	10°28'10"	28°54'	0,1224	30 mai 1900.
Village Ka-goulou (chef Kitouka). Rive droite de la Lou-Ema ou de la Lou-Boumba, affluent de la Lou-Ama.	- 4 41 25	27 7 42	10 33 12	28 16	0,1207	1er juin 1900.
Village Mou-Sengwé (chef Mwana-Banga), sources du ruisseau Afou.	- 4 34 29	26 49 59	10 38 48	28 45	0,1214	3 juin 1900.
Ka-Songo, station (rive droite du Lou-Alaba).	- 4 31 37	26 36 30	10 36 31	28 23	0,1205	6 juin 1900.
Nyangoué, station (rive droite du Lou-Alaba).	- 4 13 47	26 12 19	10 37 17	27 8	0,1200	15 juin 1900.
Village Chiômola (chef Moulamba)	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Village Divoué (chef Maboka), rive droite du Lou-Alaba.	- 2 0 42	25 47 7	9 49 27	23 28	0,1151	22 juin 1900.
Lowa, station. (rive gauche du Lou-Alaba, en face de l'embouchure de la Lowa).	- 1 24 2	25 50 59	9 36 25	22 1	0,1130	25 juin 1900.
Ponthier-Ville (rive gauche du Lou-Alaba).	- 0 22 12	25 28 44	9 23 13	18 49	0,1114	29 juin 1900.
Village Maniélokoula (rive droite du Lou-Alaba, amont des rapides Bwélélé).	+ 0 14 18	25 32 37	9 1 7	19 6	0,1109	1er juillet 1900.
Stanley-Ville (rive droite du Congo).	+ 0 30 29	25 14 6	9 0 18	18 28	0,1086	5 juillet 1900.
Boumba, station (rive droite du Congo).	+ 2 10 26	22 30 50	9 29 56	13 47	0,1072	17 juillet 1900.
Coquilhat-Ville (rive gauche du Congo)	+ 0 3 59	18 18 20	11 10 23	17 55	0,1130	29 juillet 1900.
Léopold-Ville.	- 4 19 45	15 17 4	13 55 28	25 25	0,1222	25 août 1900.

Remarques. — La déclinaison fut prise à Lou-Kafou station à deux reprises, et à six mois et demi d'intervalle.

La comparaison des deux observations donne pour variation annuelle de la déclinaison : 6′45″.

A Lofoï station, la déclinaison fut prise à deux reprises, à neuf mois et demi d'intervalle.

La comparaison des deux observations donne pour variation annuelle de la déclinaison : 9′50″.

A M'Pwéto station, la déclinaison fut prise à deux reprises, à seize mois d'intervalle.

La comparaison des deux observations donne pour variation annuelle de la déclinaison : 8′24″.

A Stanley-Ville, la déclinaison, le 7 avril 1891, fut trouvée égale à 10°4′15″ (Delporte et Gillis).

Au même point, le 5 juillet 1900, la déclinaison fut trouvée égale à 9°0′18″ (capitaine Lemaire).

La comparaison des deux observations donne pour variation annuelle de la déclinaison : 6′55″.

A Léopold-Ville, la déclinaison, le 3 novembre 1890, fut trouvée égale à 15°7′5″ (Delporte et Gillis).

Au même point, le samedi 25 août 1900, la déclinaison fut trouvée égale à 13°55′28″ (capitaine Lemaire).

La comparaison des deux observations donne pour variation annuelle de la déclinaison : 7′18″.

—

Recherches sur les Organismes inférieurs; par Jean Massart, professeur à l'Université de Bruxelles, assistant à l'Institut botanique.

IV. — Le lancement des trichocystes (chez *Paramaecium aurelia*).

La couche périphérique du protoplasme des Infusoires contient parfois des organelles singuliers, qui peuvent être lancés brusquement à quelque distance. Ce sont les trichocystes. D'après les listes qui ont été publiées par M. Maupas (**8**, p. 607) et par M. Bütschli (**1**, p. 1459), ce sont surtout les Infusoires Holotriches qui les possèdent.

Chez *Paramaecium aurelia,* les trichocystes sont extrêmement nombreux. Dans la cellule au repos, on les voit régulièrement disposés à la périphérie du cytoplasme sous la forme de petites vacuoles transparentes et réfringentes, à l'intérieur desquelles il n'est pas possible d'apercevoir la moindre structure. Tout à coup, sous l'influence d'un excitant, les vacuoles réfringentes disparaissent : l'Infusoire s'est entouré d'une auréole d'aiguilles très fines. On a vraiment l'impression que chaque vacuole contenait un liquide qui, par une contraction énergique du cytoplasme voisin, a été lancé à distance, en un jet très fin qui s'est instantanément solidifié. Ce phénomène de solidification serait analogue à celui qui accompagne la production de la soie chez les araignées et les chenilles.

Mais ce n'est pas de la structure de ces organelles que

je me suis occupé. J'ai recherché quels sont les excitants qui provoquent le lancement des trichocystes et quelles modifications les agents extérieurs font subir à ce réflexe. Cette note comprend donc deux parties bien distinctes.

Pour la facilité de l'exposition, il sera avantageux de désigner ce réflexe tout entier, depuis l'excitation jusqu'à la réaction, par le terme *bolisme,* analogue aux termes taxisme (orientation du corps), tropisme (courbure), etc., qui désignent d'autres réflexes, relativement simples, chez les organismes inférieurs et chez les végétaux. Les mots composés : thermobolisme, chimiobolisme, etc. (comparables à géotropisme, chimiotaxisme, etc.), indiqueront quel est l'excitant qui met en jeu le réflexe.

Les premières expériences sur le bolisme de *Paramaecium aurelia* ont été faites en avril 1897, pendant que le laboratoire ambulant de biologie de l'Université de Bruxelles était installé à Samson, dans la vallée de la Meuse; elles ont été reprises et complétées en janvier 1901 à l'Institut botanique.

I. — EXCITANTS DU BOLISME.

A. — Agents mécaniques.

Il est facile de comprimer plus ou moins fortement les Infusoires par des pressions exercées sur la lamelle qui couvre la préparation. Aussi longtemps qu'on ne produit qu'une déformation du corps, aucun trichocyste n'est lancé. Le bolisme se fait petit à petit dès que la compression a déterminé un léger écrasement de la cellule et l'élimination de vacuoles sarcodiques à travers les fissures

de la membrane. Lorsque la pression est plus énergique et que le corps est écrasé avec expulsion de la bouillie cytoplasmique, le bolisme s'arrête tout à fait.

B. — Agents physiques.

1. *Électricité.*

Je n'ai pas eu l'occasion de l'étudier personnellement, mais d'autres observateurs ont montré que cet agent met en jeu le bolisme.

Par le choc d'induction, tel que le donne le chariot de Du Bois-Reymond, M. A. Wrzesniowski (**13**, pp. 41 et suiv.) a vu que le corps du *Paramaecium* se contracte fortement et lance tous ses trichocystes à la fois. Quand le choc est moins violent, les trichocystes ne sont déchargés que partiellement; de plus, ils ne sont pas lancés au loin, mais restent piqués dans le corps.

M. Ludloff (**7**) a vu que le courant continu détermine également le bolisme. Dans la figure 11 de la planche VII, il montre la contraction de la cellule à l'extrémité tournée vers l'anode et l'expulsion des trichocystes.

2. *Température.*

a) *Échauffement rapide.* Quand on chauffe brusquement les *Paramaecium* au-dessus d'une flamme, ils meurent vers 40° à 42°. Avant de mourir, ils lancent tous leurs trichocystes.

b) *Échauffement graduel.* La mort survient encore vers 40° à 42°; aucun trichocyste n'est lancé.

Quand on les chauffe lentement (à l'aide d'une platine chauffante) jusque vers 38°, puis brusquement jusque vers 42°, la mort n'est pas précédée de bolisme. Mais quand l'échauffement graduel ne les amène que vers 35° et qu'alors on les chauffe rapidement, tous les trichocystes sont lancés.

Ces expériences montrent que l'excitation thermique se manifeste chaque fois que la température passe rapidement (en quelques secondes) de 35° à 38°; au-dessous de 35°, l'élévation brusque de la chaleur n'a aucun effet bolique; au-dessus de 38°, on est également en dehors de la zone d'irritabilité.

c) *Refroidissement.* Qu'il soit rapide ou qu'il soit lent, l'abaissement de la température jusqu'à 0° ne détermine aucun bolisme.

3. *Pression osmotique.*

Les Infusoires fuient les solutions hypertoniques, quelle que soit la substance dissoute. Ceux qui se laissent surprendre par le liquide trop concentré, ralentissent bientôt leurs mouvements ciliaires; puis le corps se ratatine, à cause de la soustraction d'eau, et des plis longitudinaux apparaissent dans la cuticule; enfin, ils s'arrêtent et meurent. A aucun moment, ils ne lancent de trichocystes.

C. — Agents chimiques.

Tous ceux qui se sont occupés des trichocystes de *Paramaecium* signalent leur expulsion sous l'influence de certaines substances. M. Maupas (**8**, p. 614) cite l'alcool, l'acide acétique à 1 °/₀ et surtout le chlorure d'or à 1 °/₀. M. Wrzesniowski a fait lui-même certaines observations; il cite aussi, d'après M. Kölliker (**6**, p. 12), l'acide acétique et l'acide chlorhydrique, et d'après M. Du Plessis (**3**, pp. 12 et suiv.), l'acide sulfurique, le sublimé, les bicarbonates alcalins, les tartrates acides, etc. Les résultats obtenus par les divers observateurs sont loin de concorder. D'ailleurs, j'ai observé moi-même des résultats contradictoires : lors de mes premières expériences, à Samson, les *Paramaecium* (vivant dans un purin) n'effectuaient aucun bolisme en présence d'acide acétique ni de sublimé; l'acide picrique agissait mal. Par contre, ceux que j'ai employés récemment (sortant d'une infusion de matières végétales en décomposition), lançaient leurs trichocystes par l'acide picrique, l'acide acétique et le sublimé. D'autre part, en décembre 1896, M. Maurice Philippson, en ce temps étudiant en sciences, a cultivé pendant plusieurs semaines à l'Institut botanique, dans de l'eau fortement jaunie par l'acide picrique, des *Paramaecium* qui sortaient du bassin à *Victoria regia* du Jardin botanique; ils ne semblaient aucunement incommodés par l'acide picrique et ne lançaient pas leurs trichocystes. Ces quelques faits montrent, une fois de plus, l'extrême variabilité de cet Infusoire, à moins que nous n'ayons eu affaire à des espèces différentes de *Paramaecium* (par exemple, *P. aurelia* et *P. caudatum*).

Sur des individus provenant d'une même culture, l'action des diverses substances chimiques est également des plus variables, même lorsqu'elles appartiennent à une même classe de corps : les acides n'agissent pas tous de la même façon, pas plus que les alcalis, les alcools, etc. Chaque matière a son action spécifique et, pour aucun corps, on ne peut, par analogie, indiquer d'avance si oui ou non il provoquera le bolisme.

Voici les trois cas les plus typiques qui se présentent :

a) *Lancement brusque de tous les trichocystes à la fois.* Telle est la réaction que donne l'acide picrique. L'Infusoire, touché par la solution, s'arrête et lance tous ses trichocystes. Quand on a ajouté à la solution d'acide picrique un peu de bleu d'aniline (soluble dans l'eau), on voit se former autour de la cellule, colorée en jaune, une auréole de trichocystes qui se colorent instantanément en bleu.

En prenant quelques précautions, on peut faire pénétrer très lentement la solution d'acide picrique sous la lamelle; il arrive alors que certains individus ne sont touchés que par une de leurs moitiés, tandis que la face opposée reste indemne : le bolisme ne se manifeste que sur la portion atteinte par le réactif; jamais on n'observe la moindre irradiation du réflexe des points touchés vers les trichocystes situés à quelques microns de distance.

L'acide osmique, l'acide chromique et l'alcool agissent à peu près de même.

b) *Lancement graduel des trichocystes à faible distance.* Dans le bleu de méthylène (de Höchst) à $^1/_{400}$, les orga-

nismes continuent à nager à la façon habituelle. Mais petit à petit, ils décochent tous leurs trichocystes; ceux-ci se colorent immédiatement, de sorte que chaque Infusoire laisse un sillage de minuscules aiguilles bleues.

c) *Mort des Infusoires sans bolisme.* Dans certaines des solutions essayées, la mort est extrêmement lente. Ainsi, dans la chrysoïdine à $^1/_{500}$, les organismes se colorent en jaune, mais ne lancent jamais de trichocystes; ils ne meurent qu'au bout de vingt-quatre heures, au plus tôt.

Dans le picrate d'ammonium à $^1/_{200}$, la mort survient après une heure environ; tous les trichocystes restent en place sous la membrane.

L'iode dissous dans la solution aqueuse d'iodure de potassium les tue instantanément sans aucun bolisme. On peut, avec l'iode, comme avec l'acide picrique, tuer une moitié de la cellule, sans inquiéter l'autre portion : le bolisme ne se manifeste ni dans la partie iodée, ni dans la partie intacte, ni à la limite entre les deux portions.

*
* *

Quel serait, parmi les divers excitants que nous venons de passer en revue, celui qui, dans les conditions ordinaires de la vie, provoque le lancement des trichocystes? C'est sans doute la pression : l'Infusoire, écrasé légèrement au moment où il est saisi par son ennemi, lui décoche ses flèches acérées et lui inflige d'innombrables petites blessures (peut-être venimeuses), qui peuvent fort bien obliger l'ennemi à lâcher sa proie.

*
* *

D'après ce que nous venons de voir, il ne semble pas qu'il soit possible d'assigner certains caractères communs aux agents qui mettent en jeu le bolisme.

On serait tenté de supposer que tout ce qui menace la vie de l'individu agit comme excitant pour le lancement des trichocystes. L'expérimentation montre bientôt l'inexactitude de cette idée. Voici quelques faits : La chaleur détermine fatalement la mort, qu'elle soit lente ou qu'elle soit rapide; pourtant, dans le premier cas, elle est inefficace, et dans le second, elle provoque le bolisme. — Parmi les substances chimiques, les unes agissent sur le bolisme, les autres ne font rien, sans que leur efficacité ou leur inactivité soit le moins du monde en relation avec leurs propriétés nocives. — La concentration de la solution tue rapidement les Infusoires, mais ceux-ci ne réagissent jamais.

II. — MODIFICATEURS DU BOLISME.

Voyons à présent quels sont les changements qui sont apportés au bolisme quand on expose les individus de *Paramaecium* à certains agents extérieurs.

Afin que les résultats soient comparables, il faut employer des Infusoires provenant d'une même culture et déterminer leur irritabilité par un excitant dont l'action est bien connue et nettement définie. Le picro-bleu (1),

(1) Solution saturée d'acide picrique dans l'eau. . 100 parties.
— — de bleu d'aniline dans l'eau . 4 —

employé en anatomie végétale, est d'un emploi très commode : l'acide picrique produit tout de suite et sans exception le déchargement de tous les trichocystes; comme l'Infusoire est en même temps tué, les aiguilles s'accumulent autour de lui en une auréole colorée en bleu par la couleur d'aniline. L'observation complète, depuis le moment où l'on fait agir le réactif jusqu'à celui où les trichocystes sont colorés, ne dure pas plus que cinq à sept secondes.

A. — Agents mécaniques.

Des secousses imprimées au liquide qui contient les *Paramaecium* n'influent pas sur leur bolisme.

Lorsqu'une cellule a été comprimée violemment, jusqu'à la fragmentation, aucune des parties n'est plus à même de lancer ses trichocystes sous l'action du picro-bleu, pas plus celle qui contient le noyau que les autres. Il en est de même dès que la pression a rompu la paroi et produit la sortie d'une quantité, même très minime, de cytoplasme : traitées par le picro-bleu, de telles cellules sont incapables de manifester du bolisme.

B. — Agents physiques.

1. — *Température.*

a) *Échauffement.* Élevons lentement la température à l'aide d'une platine chauffante. — Jusque vers 30°, on n'observe aucun changement appréciable. — Entre 30° et 35°, les battements ciliaires deviennent plus vifs. La

plupart des individus s'attachent par le bout antérieur à des particules solides (par exemple des morceaux de voile bactérien) et les entraînent dans leur natation. En même temps, les mouvements des vésicules contractiles sont également devenus plus rapides : la vésicule réapparaît tout de suite après la systole, de sorte que les deux vésicules se voient toujours simultanément. Le nombre des vésicules pulsatiles est souvent augmenté : dans beaucoup d'individus, on en compte de six à dix, réparties irrégulièrement dans le cytoplasme et ne se distinguant en rien des deux vésicules typiques. — A 37°-38°, les battements des vésicules et des cils se ralentissent. Les *Paramaecium* n'exécutent plus aucun mouvement de recul, de sorte que ceux qui vont butter contre un fragment de voile bactérien ou qui s'engagent dans une petite fente d'une zooglée, ne se dégagent plus jamais; au lieu de se rejeter en arrière, ils s'obstinent à tourner sur place, sans pouvoir avancer; ils ne s'attachent pas non plus à ce corps solide, comme le font les individus normaux (1) : à la température de 37°-38°, ils ne manifestent plus par aucun mouvement qu'ils sont encore sensibles au contact. D'autre part, ceux qui nagent librement dans le liquide ne sentent plus l'anhydride carbonique auquel ils sont si sensibles à l'état ordinaire (2) : ils ne se rassemblent plus autour des points riches en anhydride carbonique. Au contraire, ils viennent s'accumuler en grand nombre près du bord de la lamelle, au voisinage de l'oxygène. — A 39°-40°, les battements ciliaires s'affaiblissent

(1) Voir JENNINGS (5).

(2) *Ibidem*.

toujours davantage; bientôt les individus ne se déplacent plus guère; puis les cils ne déterminent plus le moindre courant dans le liquide. Enfin, tout s'arrête, le corps gonfle et l'Infusoire meurt en émettant quelques vacuoles sarcodiques (1).

Nous savons déjà qu'à aucun moment cet échauffement graduel ne détermine le bolisme. Nous venons de voir que vers 37°-38°, les réactions motrices de *Paramaecium* sont presque entièrement soustraites à la sensibilité tactile et à la sensibilité chimique; elles ne s'effectuent plus guère que sous l'action des sensations internes. Mais si le taxisme d'origine externe est en grande partie supprimé, le bolisme reste intact. Le lancement des trichocystes

---

(1) Les processus que je viens de décrire ne concordent pas avec ceux qu'indique M. Pütter (**10**, p. 258). D'après lui, vers 37°, les individus qui étaient attachés aux corps solides se détachent brusquement et se remettent à nager.

De pareilles contradictions sont fréquentes chez les *Paramaecium*, organisme très variable et dans lequel la moindre modification du milieu extérieur peut amener un changement complet dans la façon de se conduire vis-à-vis des excitants. Les observations de M. Sosnowski (**11**) sont des plus probantes à cet égard : dans certaines cultures, non dans toutes, des secousses rendent positivement géotaxiques des *Paramaecium* qui étaient négativement géotaxiques; parfois c'est une élévation de température qui chez les individus de certains aquariums change le sens du géotaxisme; ailleurs encore, le géotaxisme positif peut être induit par l'addition de petites quantités d'alcalis ou d'acides. Bref, le géotaxisme dépend du caractère personnel des *Paramaecium* et aussi de modifications du milieu. Ce qui est vrai du géotaxisme l'est sans doute aussi d'autres réflexes. Il ne faut donc pas trop s'étonner quand divers observateurs obtiennent des résultats discordants. (Voir aussi plus haut, page 95.)

sous l'influence du picro-bleu est aussi rapide et aussi complet que sur des individus normaux. Quant au bolisme dû à la pression, il semble même légèrement augmenté; on a l'impression que les trichocystes sont lancés plus vite, plus loin et en plus grand nombre.

b) *Refroidissement.* Vers 2°, la natation et la pulsation des vésicules sont ralenties, mais elles se font d'une manière régulière. Les réactions tactiles des cils sont conservées. Mais le bolisme est entièrement supprimé : ni le picro-bleu ni la compression ne provoquent plus aucune réaction bolique.

Sur les cellules ainsi tuées et colorées par le picro-bleu, le protoplasme se colore uniformément en jaune, et les petites vacuoles contenant les trichocystes ne prennent pas la moindre teinte bleue, ce qui tend à faire admettre que les trichocystes n'existent pas tout formés dans les vacuoles et que la substance solide qui constitue le trichocyste expulsé (et qui absorbe avidement le bleu d'aniline) est différente de celle qui se trouve dans la vacuole avant le lancement.

*
* *

L'ensemble des expériences sur l'effet des changements de température montre qu'on peut, par ce procédé, disséquer l'irritabilité des *Paramaecium,* — tout comme chez les animaux supérieurs, Claude Bernard disséqua par le curare l'irritabilité de l'appareil neuro-musculaire.

Quand la température s'élève, il vient un moment où

l'haptotaxisme (1) disparaît, tandis que l'haptobolisme subsiste, peut-être légèrement renforcé : la sensibilité tactile ne peut plus déterminer que le lancement des trichocystes. D'un autre côté, le chimiobolisme est intact, tandis que le chimiotaxisme ne persiste qu'en partie. Enfin, la chaleur, si elle arrive graduellement, n'aura pas donné de thermobolisme, mais bien du thermotaxisme. (Voir Mendelssohn, 9.)

Si nous examinons ce qui se passe lors de l'abaissement de la température, nous constatons également que les différents réflexes peuvent être influencés isolément; c'est comme une marqueterie dont les pièces — intimement unies dans les conditions normales — se mettent à jouer les unes par rapport aux autres dès que la chaleur vient relâcher le cadre.

2. — *Pression osmotique.*

Les *Paramaecium* placés dans une solution concentrée ne répondent plus à l'excitation produite par le picro-bleu.

C. — Agents chimiques.

Une anesthésie très manifeste s'obtient par l'éther et par le chloroforme. Le premier s'emploie le mieux en vapeurs; on les fait arriver dans la goutte suspendue où

---

(1) Le terme « haptotropisme » (courbure exécutée sous l'influence d'un contact) étant plus ancien que le terme « thigmotropisme », puisqu'il date de 1884 (Errera, 4, p. 564), tandis que le second date de 1889 (Verworn, 12), il est logique de l'adopter. Nous dirons donc aussi « haptotaxisme », « haptobolisme », etc.

nagent les Infusoires. Quant au chloroforme, il est plus pratique d'en faire une solution dans l'eau; on mélange de petites quantités d'eau chloroformée au liquide qui contient les organismes. Les résultats sont les mêmes pour les deux corps: les *Paramaecium* cessent d'avancer; leurs battements ciliaires ne produisent plus qu'une rotation sur place; le picro-bleu reste sans effet sur les trichocystes.

*
* *

Quelle est la partie de l'arc réflexe qui est influencée par les divers modificateurs mécaniques, physiques et chimiques du bolisme? Quand un *Paramaecium* a perdu la faculté de réagir, est-ce la sensibilité qui est atteinte ou bien la réagibilité; a-t-on affaire à de l'anesthésie ou à de la paralysie?

Par analogie avec ce que nous savons des réflexes moteurs, il est permis de supposer que l'éther et le chloroforme agissent sur la partie sensitive de l'arc réflexe. Peut-être est-ce aussi par anesthésie qu'agit le refroidissement.

Chez les cellules écrasées et sur les morceaux détachés du corps, la couche la plus superficielle du cytoplasme — celle qui est sensible — semble tout à fait intacte; l'altération ne porte que sur les parties profondes du cytoplasme. Ici, c'est probablement la seconde moitié de l'arc réflexe qui est atteinte : l'excitation venant de la surface ne parvient plus à déclancher la réaction; il y a paralysie.

Quant aux liquides hypertoniques, la soustraction d'eau qu'ils produisent peut influencer aussi bien la sensibilité que la réagibilité.

CONCLUSIONS.

1. Le lancement des trichocystes ou *bolisme* de *Paramaecium aurelia* est un réflexe qui est provoqué par beaucoup d'agents mécaniques, physiques et chimiques.

2. Le bolisme est strictement limité aux points qui reçoivent l'excitation externe : il n'y a aucune irradiation du réflexe.

3. Certains agents peuvent affaiblir le réflexe et même l'abolir.

4. Par l'emploi méthodique de la chaleur, on peut disséquer l'irritabilité : tel réflexe sera aboli ; tel autre, déterminé pourtant par le même excitant, sera intégralement conservé.

En même temps que la chaleur détruit l'haptotaxisme, elle provoque une excitabilité particulière de l'appareil excréteur, et le nombre des vésicules pulsatiles augmente notablement.

BIBLIOGRAPHIE.

1. O. Bütschli, *Protozoa* in Bronn's Klassen und Ordnungen des Thier-Reichs, Abt. III. *Infusoria*. Leipzig, 1887-1889.

2. Y. Delage et E. Hérouard, *La cellule et les protozoaires*, dans Traité de zoologie concrète. Paris, 1896.

3. Du Plessis, *De l'action des substances médicamenteuses sur les infusoires*. Lausanne, 1863. (Cité dans Wrzesniowski, 13.)

4. L. Errera, *Die grosse Wachsthumsperiode bei den Fruchtträgern von Phycomyces*. (Bot. Zeit., 1884, S. 497.)

5. H.-S. Jennings, *Reactions to Chemical, Osmotic and Mechanical Stimuli in the Ciliate Infusoria*. (Journal of Physiology, vol. XXI, p. 258, 1897.)

6. Kölliker, *Icones histiologicae.* (Cité d'après Wrzesniowski, 13.)

7. Ludloff, *Untersuchungen über den Galvanotropismus.* (Pflüger's Archiv, Bd LIX, S. 525, 1895.)

8. E. Maupas, *Contribution à l'étude morphologique et anatomique des infusoires ciliés.* [Arch. zool. expérim. et génér. (2), t II, p. 427, 1883.]

9. M. Mendelssohn, *Ueber den Thermotropismus einzelliger Organismen.* (Pflüger's Archiv, Bd LX, S. 1, 1895.)

10. A. Pütter, *Studien über Thigmotaxis bei Protisten.* (Arch. für Anat. und Physiol., Physiol. Abth. Supplementband, 1900, S. 243.)

11. J. Sosnowski, *Untersuchungen über die Veränderungen des Geotropismus bei Paramaecium aurelia.* (Bull. intern. de l'Acad. des sciences de Cracovie, mars 1899.)

12. M. Verworn, *Psycho-physiologische Protistenstudien.* Iéna, 1889.

13. A. Wrzesniowski, *Ein Beitrag zur Anatomie des Infusorien.* (Arch. für mikrosk. Anat., Bd V, S. 25, 1869.)

OUVRAGES PRÉSENTÉS.

Bambeke (*Ch. Van*). Le *Coccobotrys xylophilus* (Fr.) Boud. et Pat. (= *Cenoccocum xylophylum* Fr.) est le mycélium de *Lepiotu meleagris* (Sow.) Sacc. — Quelques remarques touchant *Lepiota meleagris* (Sow.) Sacc. Bruxelles, 1900; extr. in-8° (8 p., 1 pl.).

Observatoire royal de Belgique. Annuaire météorologique pour 1901, publié par les soins de A. Lancaster. In-16.

— Annuaire astronomique pour 1901, publié par les soins de L. Niesten. In-16.

Meunier (*Fernand*). Sur les *Mymaridae* de l'ambre et du copal. Paris, 1900; extr. in-8° (4 p.).

Ministère de l'Intérieur. Institut colonial international. Compte rendu de la session tenue à Paris en août 1900.

— Statistique médicale de l'armée belge, 1899.

Ministère de l'Industrie et du Travail. Recensement général des industries et des métiers (13 octobre 1896), volumes I et II : Dénombrement A, répartition par commune. Répertoire et analyse des volumes I et II. 1900; 4 vol. in-4°.

Revue de l'Université de Bruxelles, 6e année, 1900-1901, nos 1 à 6.

—

ALLEMAGNE.

ALTENBOURG. *Naturforschende Gesellschaft.* Mitteilungen, Band IX, 1900.

DRESDE. *Gesellschaft für Natur- und Heilkunde.* Jahresbericht, 1899-1900.

—

AMÉRIQUE.

BUENOS-AYRES. *Oficina meteorologica.* Anales, tomo XIII. 1900; in-4°.

CHICAGO. *Academy of sciences.* The mollusca of the Chicago Area : The Pelecypoda (Frank Collins Baker), Bulletin n° III, part 1. 1898.

NEW YORK. *Museum of natural History.* Annual report, 1899.

PHILADELPHIE. *Philosophical Society.* Proceedings, Memorial volume I. 1900.

— Brinton memorial meeting, held January 16th 1900. In-8°.

RIO-DE-JANEIRO. *Observatorio.* Methodo para determinar as horas das occultaçôes de estrellas pela lua. 1899; in-4°.

— Anuario, 1900. In-18.

MONT-HAMILTON. *Lick Observatory*. Publications, vol. IV, 1900. In-4°.

WASHINGTON. *Surgeon-general's Office*. Index-catalogue of the library, 2d series, vol. V. 1900; in-4°.

— *U. S. Coast and geodetic Survey*. Report, 1898. In-4°.

WASHINGTON. *Volta Bureau*. Helen Keller Souvenir, n° 2, 1892-1899. Commemorating the Haward final examination for admission to Radcliffe College. In-8°.

—

FRANCE.

Guillaume (*Ch.-Éd.*) et *Poincaré* (*L.*). Rapports présentés au Congrès international de physique réuni à Paris, en 1900, tomes I-III. Paris, 1900; 3 vol. in-8°.

CAEN. *Académie des sciences*. Mémoires, 1899.

NICE. *Observatoire*. Annales, tome VII. Paris, 1900; in-4°.

PARIS. *Comité international des Poids et Mesures*. Procès-verbaux des séances de 1900.

ROUEN. *Académie des sciences*. Précis analytique, 1898-99.

—

ITALIE.

Camerano (*Lorenzo*). M. E. barone di Selys Longchamps. Brevi parole di commemorazione. Turin, 1901; extr. in-8° (10 p.).

BOLOGNE. *R. Accademia delle scienze*. Rendiconto, vol. II e III, 1897-1899. — Memorie, tomo VII, 1897.

LUCQUES. *Accademia di scienze, lettere ed arti*. Atti, tomo XXX, 1900.

NAPLES. *Accademia Pontaniana*. Atti, volume XXX, 1900.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1901. — N° 3.

Séance du 2 mars 1901.

M. Jos. De Tilly, directeur.

M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Éd. Van Beneden, *vice-directeur;* G. Dewalque, Brialmont, Éd. Dupont, C. Malaise, F. Folie, Fr. Crépin, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, W. Spring, Louis Henry, M. Mourlon, P. Mansion, P. De Heen, C. Le Paige, Ch. Lagrange, J. Deruyts, Léon Fredericq, J. Neuberg, A. Lancaster, A.-F. Renard, L. Errera, *membres;* Ch. de la Vallée Poussin, *associé;* M. Delacre, Julien Fraipont, Pol. Francotte, F. Deruyts, Paul Pelseneer, A. Gravis et Ém. Laurent, *correspondants.*

M. Van der Mensbrugghe écrit qu'une indisposition l'empêche d'assister à la séance.

CORRESPONDANCE.

—

L'Académie impériale militaire de médecine de Saint-Pétersbourg annonce la mort de son chef, le Conseiller privé, académicien et professeur émérite, président du Conseil médical près le Ministère de l'Intérieur, Victor Pachoutine, décédé le 20 janvier (2 février) 1901.

Les condoléances de l'Académie seront adressées à cette institution.

— Le Congrès international de zoologie annonce qu'il tiendra sa cinquième session à Berlin, du 12 au 16 août 1901.

— Le Comité pour le monument élevé le 13 décembre 1900 à Francesco Brioschi, ancien associé de la Classe et directeur de l'Institut technique supérieur, offre, en remerciements pour la part prise par la Classe à la solennité, un exemplaire de la publication éditée au sujet de cette manifestation scientifique. — Remerciements.

— L'Institut royal supérieur de technologie à Charlottenbourg offre un exemplaire du livre qu'il a publié au sujet de son centième anniversaire de fondation célébré à Berlin, les 18-21 octobre 1899. — Remerciements.

— M. W.-W. Campbell, directeur du Lick Observatory

University of California, à Mont-Hamilton, adresse le n° 1 de son *Bulletin*. — Remerciements.

— Hommages d'ouvrages :

1° *La faille d'Haversin; La faille de Walcourt;* par G. Simoens, docteur en sciences minérales, chef de section (ff.) au Service géologique de Belgique. Deux brochures in-8°, offertes au nom de l'auteur avec une note pour le *Bulletin*, par M. Mourlon;

2° *De l'influence du sol sur la dispersion du gui et de la cuscute en Belgique;* par Émile Laurent;

3° *Globulin als Alkali Eiweissverbindung; Ueber Transformation von Albumin in Globulin;* par Johannes Starke. Deux brochures in-8°, offertes au nom de l'auteur avec une note pour le *Bulletin*, par M. Errera;

4° *Modes et formes de reproduction des Nématodes;* par E. Maupas, associé à Alger;

5° *On the results of a deep-sea sounding in the North Atlantic during the summer of 1899; bij R. Peake; with notes*, by sir John Murray, associé.

— Remerciements.

NOTES BIBLIOGRAPHIQUES.

J'ai l'honneur d'offrir à l'Académie, de la part de leur auteur, M. le Dr G. Simoens, attaché au Service géologique de Belgique, deux mémoires extraits du *Bulletin de la Société belge de géologie* et intitulés, le premier : *La faille d'Haversin*, et le second : *La faille de Walcourt*.

L'auteur, qui avait été chargé de compléter certains de

mes levés en Ardenne et dans l'Entre-Sambre-et-Meuse, ne s'est pas borné à de simples observations sur place, mais il a étendu ses recherches dans le domaine de la géologie tectonique de ces régions.

Il s'est appliqué, notamment, à rechercher si les théories que M. le professeur Éd. Suess a surtout mises en lumière dans son admirable livre l'*Antlitz der Erde,* trouvaient une application dans les parties du pays qu'il avait à parcourir.

Le savant géologue viennois divise les manifestations dynamiques qui ont donné à notre planète son relief actuel, en mouvements horizontaux ou poussées latérales et en mouvements verticaux. Ce sont surtout ces derniers qu'il semble avoir mis plus en évidence dans son remarquable travail.

Il attribue ces mouvements à une même cause : les contractions de notre globe.

M. G. Simoens, en étudiant le relief des régions faisant l'objet de ses investigations, semble être arrivé à une conclusion assez inattendue, à savoir que ces contractions ont surtout donné naissance à des phénomènes verticaux qu'il appelle *primaires*. Ceux-ci ont produit les mouvements tangentiels appelés *secondaires*, et cela au sein même des régions plissées, considérées jusqu'à ce jour comme constituant le meilleur exemple de plissements dus à une poussée latérale.

Des failles, que tout faisait prévoir comme devant être expliquées à l'aide de chevauchements occasionnés par des pressions tangentielles et consécutives aux plissements des couches, sont expliquées par de véritables effondrements, lesquels ont, comme c'est le cas d'Haversin, donné naissance à de véritables plissements secon-

daires, dus à l'affaissement d'immenses paquets de masses sédimentaires le long du plan incliné représenté par la faille.

Il en résulte que les régions les plus plissées semblent être celles qui se sont le plus profondément affaissées.

M. Mourlon.

M. le Dr J. Starke, qui remplit actuellement à l'Institut botanique de Bruxelles les fonctions d'assistant, devenues vacantes par la mort du très regretté Georges Clautriau, m'a prié d'offrir à l'Académie ses trois derniers travaux relatifs aux matières albuminoïdes. Il me sera permis de les signaler à l'attention de ceux de nos confrères qui s'occupent soit de chimie physiologique, soit même de physico-chimie.

Ces recherches me paraissent, en effet, jeter un jour nouveau sur diverses questions et elles montrent quel parti la chimie physiologique peut tirer des notions modernes sur l'ionisation des substances dissoutes.

Dans une première note, l'auteur part d'une solution d'albumine dessalée grâce à la dialyse et rendue ainsi incoagulable par la chaleur, et il montre que, pour la rendre de nouveau coagulable, il faut y ajouter des quantités relativement grandes de sels neutres des métaux alcalins, tandis que des quantités extraordinairement petites de sels alcalino-terreux (y compris ceux du magnésium) suffisent à produire le même résultat. Il explique cette différence par le fait que les traces de carbonate alcalin, qui accompagnent encore la matière albuminoïde après la dialyse et empêchent sa coagulation, sont précipitées par les sels alcalino-terreux. Pour les sels neutres des métaux alcalins, il s'agit, au contraire, d'une action

de masse entre le sel neutre et le carbonate alcalin, et il faut par conséquent que la quantité de sel neutre soit fortement prépondérante pour faire réapparaître la coagulabilité.

Le second mémoire conduit à cette conclusion que la globuline est une combinaison alcaline et qu'elle n'est tenue en dissolution que grâce à cette alcalescence. C'est en agissant sur cette alcalescence, et non pas directement sur la globuline, que les sels neutres exercent leur influence sur la solubilité de celle-ci.

Ici intervient une remarque intéressante que l'auteur a faite. Tandis que la physico-chimie a établi que l'acidité de la solution aqueuse d'un acide faible est diminuée par la présence de sels neutres des métaux alcalins, il a constaté le contraire pour l'alcalescence des solutions d'alcali. Cela revient à dire, dans les deux cas, que ces sels neutres agissent à la manière d'un alcali très faible. Ainsi s'expliquent toutes les observations relatives à l'influence des sels neutres sur la solubilité et la précipitation des globulines. Quant à l'alcalescence même dont il est question ici, elle est probablement représentée, d'après l'auteur, par le nombre total des ions OH en liberté dans la solution.

Enfin le troisième travail permet à l'auteur d'affirmer que, par une dialyse et un échauffement convenables, l'albumine de l'œuf se transforme intégralement en une globuline. Ce fait ressort non seulement des propriétés de solubilité et de précipitabilité du produit obtenu, mais encore de sa composition centésimale, les globulines se distinguant, comme on sait, des albumines par leur moindre teneur en soufre.

ERRERA.

RAPPORTS.

—

Sur l'avis favorable de M. Spring, la Classe décide l'impression au *Bulletin* d'une note de M. Oechsner de Coninck, intitulée : *Contribution à l'étude du nitrate d'uranium.*

— La Classe passe à l'ordre du jour, conformément à l'avis de M. Fraipont, sur une note de M. Fr. Battaglia-Rizzo, de Palerme, relative à un fossile découvert dans l'ancienne citadelle de Termini-Imerese (Sicile), cette note, ainsi que la planche qui l'accompagne, n'ayant pas de caractère scientifique suffisant pour être l'objet d'un rapport.

—

Contribution à l'étude des situations atmosphériques qui accompagnent le brouillard en Belgique; par E. Vanderlinden, docteur en sciences, assistant au Service météorologique de Belgique.

Rapport de M. A. Lancaster, premier commissaire.

« La météorologie a fait de très rapides progrès dans le dernier quart de siècle, grâce aux cartes synoptiques journalières, qui embrassent pour la plupart de grandes étendues de territoire, parfois même un hémisphère tout entier. Autrefois on ne disposait, pour l'étude des phénomènes, que d'observations plus ou moins éparses, sans lien apparent bien défini, et si l'on avait la ressource

Qu'il nous soit permis de présenter ici quelques remarques relativement à certains faits au sujet desquels les ouvrages de météorologie, pour autant que nous sachions, sont muets, et qui ont également — la chose est excusable — échappé à l'attention de M. Vanderlinden. Elles nous sont suggérées par l'observation attentive que nous avons faite, pendant près de trente années, du phénomène qui nous occupe.

Presque toujours, les auteurs qui ont traité la question de la formation du brouillard n'ont eu en vue que les brouillards plus ou moins locaux, où le facteur de la température joue le principal rôle. Mais ce genre de brouillards ne peut être confondu avec le phénomène général caractéristique de l'hiver, avec ces nappes brumeuses épaisses, couvrant d'immenses étendues de pays, parfois même une grande partie de l'Europe, et qui tantôt rasent le sol, tantôt flottent à une faible hauteur dans l'atmosphère. C'est cette sorte de brouillard, le plus intéressant de la météorologie, qui se trouve particulièrement sous la dépendance des aires anticycloniques, et il faut avant tout en rechercher la cause, toutes autres conditions étant favorables, dans l'action même de la pression barométrique. Les conditions favorables sont un air très humide, à température légèrement supérieure au point de congélation : dans la période hivernale, ces circonstances sont généralement réalisées, chez nous, lorsque le vent vient de l'ouest ou de l'ouest-sud-ouest, c'est-à-dire de la mer. Si un tel courant d'air — de faible étendue dans le sens de la hauteur, habituellement — pénètre sur le continent alors que la pression atmosphérique y est élevée, celle-ci a vite fait d'amener la saturation complète dans le courant, et d'y déterminer la condensa-

tion de l'humidité qu'il contient sous forme de brouillard épais, et même de bruine si l'augmentation de pression se poursuit. On observe alors ces brouillards qui, en venant frapper les objets, les *mouillent* si ceux-ci sont à la même température que l'air ambiant, ou y déposent du *givre* si la température, à la surface de l'objet, est inférieure à 0°. Au cas où le brouillard dure quelque temps, on peut voir les arbres, par exemple, « dégoutter » comme si une violente averse les arrosait, ou se revêtir d'un dépôt de givre tellement épais qu'il amène, par son poids, la rupture de fortes branches.

Ces grands brouillards, véritables nuées semblables à celles qui, si fréquemment, nous cachent le ciel en hiver, persistent aussi longtemps que les conditions atmosphériques restent les mêmes, et il est maintes fois arrivé, en décembre principalement, de les observer sans interruption pendant dix à quinze jours. Ils marchent avec l'air — à l'égal des nuages — et il n'est pas rare de les voir animés d'un mouvement assez rapide; c'est dans ce cas surtout que le « mouillage » des objets ou les « dépôts de givre » sont intenses.

Ainsi que l'a fait remarquer van Bebber, ces brouillards se montrent lorsque le centre de l'anticyclone se trouve, par rapport au lieu d'observation, dans le quadrant S.-E. Ils ont en général pour effet d'élever la température. Les brouillards par vent du quart E.-N., au contraire, sont accompagnés d'une baisse du thermomètre.

Il est encore un genre de brouillard sur lequel nous désirons appeler l'attention, car nous ne l'avons vu renseigné nulle part. Il est vrai que deux fois seulement nous avons eu l'occasion de l'observer, une fois sur terre, une seconde fois sur mer. Nous désignerons ce brouil-

lard sous le nom de « brouillard de rabattement », parce qu'il est incontestablement dû à la descente plus ou moins brusque vers la surface du sol, et sous l'effet d'un courant descendant, d'un brouillard élevé. La manière dont cette espèce de brouillard apparaît mérite d'être signalée : l'atmosphère étant plus ou moins pure, on voit surgir tout à coup, au loin, un immense banc de brume, qui peu à peu envahit tout l'horizon et qui bientôt arrive à proximité de l'observateur; à ce moment, le brouillard a l'aspect d'une masse compacte de vapeurs qui avance rapidement, et au sein de laquelle on se trouve, en un instant, brusquement plongé. Le phénomène dure de quinze à vingt minutes, puis l'atmosphère reprend sa clarté première.

En résumé, nous estimons que l'action seule de la température ne suffit pas à expliquer complètement la production de certains types de brouillard, de ceux entre autres dont nous venons de parler, et qui sont les plus remarquables et partant les plus intéressants. Comme nous l'avons montré, il faut faire intervenir aussi l'influence directe de la pression barométrique, dont le rôle nous paraît même, dans bien des cas, être la cause déterminante d'une intensité exceptionnelle du phénomène.

Nous ne poursuivrons pas davantage l'analyse du travail de M. Vanderlinden, afin de ne pas trop allonger ce rapport. Nous passerons sous silence, entre autres, sa discussion très intéressante des cartes qui ont servi à l'élaboration de son travail. Qu'il nous suffise de dire qu'ayant assisté à la préparation de celui-ci, nous avons été à même de voir avec quel soin l'auteur en a établi les matériaux et avec quelle conscience il les a étudiés. Aussi n'hésitons-nous pas à proposer à la

Classe : 1° d'adresser des remerciements à M. Vanderlinden pour son importante communication; 2° d'encourager ce jeune savant à poursuivre ses recherches météorologiques; 3° de publier sa notice, avec les quelques planches qui l'accompagnent, dans le *Bulletin* de la séance. »

Rapport de M. Terby, second commissaire.

« J'ai lu avec intérêt et plaisir le travail de M. Vanderlinden, que j'ai reçu le 27 février; il me serait agréable de ne point retarder plus longtemps la décision que la Classe des sciences est appelée à prendre à son sujet, et la prochaine séance a lieu le 2 mars. Je m'abstiendrai donc d'allonger ce rapport; je suis d'autant plus autorisé à prendre ce parti, que mon savant confrère M. Lancaster, en qualité de premier commissaire, a parfaitement rendu compte du mémoire soumis à la Classe, et en a fait apprécier le mérite. Je me bornerai donc à souscrire aux conclusions du premier rapport. »

Ces conclusions sont adoptées par la Classe.

Influence de la température sur la perméabilité du protoplasme vivant pour l'eau et les substances dissoutes; par Fr. Van Rysselberghe, docteur en sciences naturelles.

Rapport de M. Errera, premier commissaire.

« L'Académie a déjà favorablement accueilli un précédent mémoire de M. Van Rysselberghe sur la « Réaction osmotique des cellules végétales », auquel celui-ci se

rattache par certains points, de sorte qu'il me sera permis de motiver mon avis en peu de mots.

Grâce à une bourse de voyage du Gouvernement belge, l'auteur a eu la bonne fortune de travailler pendant plusieurs mois dans le laboratoire de mon éminent collègue, M. le professeur Pfeffer, à l'Université de Leipzig. C'est d'après le conseil de ce savant qu'il a étudié l'influence des variations thermiques sur la perméabilité du protoplasme vivant. Il s'est occupé à la fois de la perméabilité pour l'eau et de la perméabilité pour les substances dissoutes.

La première de ces questions a été abordée par quatre méthodes distinctes : la détermination de la vitesse avec laquelle se fait le raccourcissement d'un tissu dans une solution plasmolysante, aux diverses températures; celle de la vitesse de son allongement dans l'eau, aux diverses températures, après qu'il a été plasmolysé; celle du temps nécessaire, aux diverses températures, pour amener la plasmolyse complète d'une même cellule dans une solution donnée et, enfin, celle du temps employé par la même cellule, une fois plasmolysée, pour regagner dans l'eau ses dimensions primitives. Il est inutile d'indiquer ici le détail des dispositifs adoptés et des précautions prises. Le point intéressant est que les résultats obtenus par ces quatre méthodes concordent d'une manière très satisfaisante. On en déduit que, contrairement à l'opinion de plusieurs botanistes, la perméabilité du protoplasme pour l'eau existe encore nettement à 0°. En prenant cette valeur pour unité, on constate que la perméabilité aux températures de 6°, 12°, 16°, 20°, 25°, 30°, est respectivement égale à 2, 4.5, 6, 7, 7.5, 8. Mais c'est seulement la *vitesse* avec laquelle l'eau traverse le proto-

plasme vivant qui s'accroît avec la température, tandis que la *quantité totale* de liquide que la cellule peut absorber ou abandonner demeure invariable.

De même que pour l'eau, le protoplasme reste perméable à 0° pour les substances solubles : nitrate de potassium, glycérine, urée, bleu de méthylène, caféine, carbonate d'ammonium. L'opinion contraire, soutenue par Krabbe, ne peut donc être admise. Cette perméabilité pour les substances dissoutes présente ensuite, à mesure que la température s'élève, le même accroissement que l'on vient d'énoncer pour l'eau.

D'autres questions connexes sont examinées par l'auteur. Il montre que l'accroissement si rapide de la perméabilité du protoplasme avec la température n'est pas *nécessairement* le fait d'une action vitale, car on constate aussi, pour la perméabilité de la gélatine (à 8 %), un notable accroissement lorsque l'on compare sa conduite à 0° et à 20°. Il établit que l'eau n'éprouve aucun obstacle à son passage au travers de la couche protoplasmique : elle y circule en toute liberté et n'a pas besoin, comme on l'admet parfois, d'un certain minimum de différence osmotique pour y être mise en mouvement. Enfin, la qualité de la couche protoplasmique n'exerce pas d'influence sur la valeur de la pression osmotique cellulaire, et les variations de la perméabilité de la cellule suivant la température ne modifient en rien son isotonisme avec une solution donnée.

Ce sont, on le voit, d'importants problèmes de physiologie moléculaire que l'auteur a abordés et résolus. Son travail est une preuve nouvelle de son habileté expérimentale et de son esprit critique. Je n'hésite donc pas à proposer à la Classe de décider l'impression de

ce mémoire dans le *Bulletin*, avec les quelques figures qui l'accompagnent, et d'adresser des remerciements à l'auteur. »

MM. L. Fredericq et Gravis déclarent se rallier aux conclusions du rapport de M. Errera. Celles-ci sont adoptées par la Classe.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

M. le Secrétaire perpétuel donne lecture de la lettre suivante :

Uccle, le 27 février 1901.

MONSIEUR LE SECRÉTAIRE PERPÉTUEL ET CHER CONFRÈRE,

Notre savant confrère M. Le Paige, dans un intéressant discours prononcé en séance publique du mois de décembre 1890, a retracé la vie et analysé les travaux d'un homme qui occupe une place marquante dans l'histoire scientifique de notre pays : je veux parler de *Godefroid Wendelin*, né à Herck, près de Hasselt, en 1580. Wendelin fut l'un des astronomes les plus remarquables du XVIIe siècle et surtout un observateur de premier ordre. Il était très apprécié des savants les plus réputés de son époque, avec lesquels il entretenait une correspondance suivie.

Wendelin avait l'humeur voyageuse et il séjourna assez longtemps en Provence, à Forcalquier notamment, où

André Arnaud, lieutenant général de la sénéchaussée, lui confia l'éducation de ses enfants.

Le souvenir de son nom est resté très vivace dans ce pays, et les publications de l'Académie des Basses-Alpes contiennent plusieurs notices que lui ont consacrées divers érudits provençaux.

Afin de perpétuer mieux encore ce souvenir, et désireuse d'y attacher une consécration officielle, l'édilité de Forcalquier, par un vote émis le 3 février de cette année, a décidé de donner le nom de Wendelin à l'une des rues de la ville. J'ai été informé de cette résolution par M. de Berluc Perussis, ancien président de l'Académie d'Aix et l'un des savants qui se sont occupés de notre compatriote. « Grâce à cet hommage public à la mémoire du grand savant belge, m'écrit M. de Berluc Perussis, le nom de Wendelin, gravé de façon durable sur les murs de Forcalquier, perpétuera son souvenir parmi nous et sera un trait d'union entre la Belgique et notre Provence. »

Si vous jugez, M. le Secrétaire perpétuel, que l'annonce de ce fait est de nature à intéresser la Classe des sciences, je vous serais reconnaissant de bien vouloir lui donner lecture des lignes qui précèdent.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Secrétaire perpétuel et cher Confrère, l'assurance de mes sentiments bien dévoués.

A. Lancaster.

Des remerciements sont votés à M. Lancaster pour cette communication, dont l'impression au *Bulletin* est décidée.

—

Sur les pulsations de la veine cave supérieure et des oreillettes du cœur chez le Chien (communication préliminaire); par Léon Fredericq, membre de l'Académie.

Un certain nombre de physiologistes admettent avec Engelmann (1), Gaskell (2), etc., que le *muscle* cardiaque est doué d'*automatisme* et peut exécuter des contractions rythmées, sans l'intervention de fibres ou de cellules nerveuses. Dans cette *théorie myogène* de la pulsation cardiaque, le rythme du cœur (c'est-à-dire l'ordre de succession des contractions auriculaire et ventriculaire, ainsi que la simultanéité des pulsations des deux oreillettes, d'une part, des deux ventricules, de l'autre) n'est pas considéré comme réglé par des impulsions, nées dans des cellules nerveuses et amenées au muscle cardiaque par des fibres nerveuses. Ce rythme est une fonction du *muscle* cardiaque et dépend de la propagation, par continuité de substance musculaire, d'une *onde de contraction* qui naît dans les oreillettes et envahit ensuite les ventricules.

Ce n'est pas le lieu, dans une simple communication préliminaire, d'entrer dans la discussion détaillée d'une

---

(1) Voir pour la bibliographie : TH. W. ENGELMANN, *Ueber den myogenen Ursprung der Herzthätigkeit und über automatische Erregbarkeit als normale Eigenschaft peripherischer Nervenfasern.* (ARCH. F. D. GES. PHYSIOL., 1896, t. LXV, pp. 535-563.)

(2) W. H. GASKELL, *On the innervation of the heart, with especial reference to the heart of the tortoise.* (JOURN. OF PHYSIOL., 1883, t. IV, pp. 43-127.)

question aussi complexe. Je tiens à appeler seulement l'attention sur deux faits qui paraissent, à première vue, incompatibles avec la *théorie myogène* de la pulsation cardiaque, et qui se rapportent aux pulsations des grosses veines qui débouchent dans les oreillettes.

Le premier de ces faits a été signalé par Knoll (1).

Knoll met à nu le cœur du chien ou du lapin et enregistre les pulsations propres à la veine cave supérieure. Il excite ensuite le pneumogastrique au moyen de courants induits, gradués de telle sorte que les oreillettes cessent de battre, sans que les ventricules s'arrêtent. Il constate que, dans ce cas, les pulsations des veines caves persistent et que leur rythme est le même que celui des ventricules. Ici la théorie *myogène* semble en défaut : la contraction des veines caves n'a pu se propager aux ventricules, à travers les oreillettes relâchées, que par voie nerveuse.

L'autre fait est pour ainsi dire classique et se trouve formulé dans la plupart des traités de physiologie, y compris le mien. Il y est dit que le premier acte d'une révolution cardiaque, c'est une contraction brève, qui se montre à la fois à l'origine des veines caves et des veines pulmonaires, et qui précède immédiatement la contraction des oreillettes. Ici de nouveau, la simultanéité

---

(1) Philipp Knoll, *Ueber den Einfluss des Herzvagus auf die Zusammenziehung der Vena cava superior beim Säugethier*. (Arch. f. d. ges. Physiol., 1897, t. LXVIII, pp. 339-347.)

Page 341 : « Führt die Vagusreizung zur Vorhofsruhe, während der Ventrikel (seltener) schlägt, so beobachtet man mit den Ventrikelschlägen isorhythmische Venencontractionen. »

de la contraction d'anneaux musculaires, aussi éloignés les uns des autres que l'origine des deux (ou trois) veines caves et des quatre veines pulmonaires, suppose un lien physiologique autre que la paroi musculaire relâchée des oreillettes, un lien qui ne peut être que de nature nerveuse, comme le faisait remarquer Hering (1).

Ce sont ces deux faits qui ont d'abord fixé mon attention. J'ai répété l'expérience de Knoll sur un chien anesthésié par la morphine et le chloroforme. Après ablation du plastron sternal (respiration artificielle), l'origine de la veine cave supérieure est mise à nu et une ficelle est passée sous elle, tout contre l'oreillette, de manière à arrêter à volonté toute communication entre l'oreillette, d'une part, et la veine cave (y compris la veine azygos), d'autre part. Les pneumogastriques ont été préparés : on coupe l'un d'eux au cou et on excite le bout périphérique au moyen du chariot de du Bois-Reymond. Il n'est pas difficile, en général, de donner aux courants excitateurs une intensité telle que les oreillettes seules cessent de battre, les ventricules continuant à présenter leurs pulsations. Mais, dans ce cas, les pulsations propres de la veine cave cessent également : on n'y remarque plus que les pulsations passives, dues à la clôture des valvules auriculo-ventri-

---

(1) Hering, *Methode zur Isolirung des Herz- Lungen- Coronar-Kreislaufes*, etc. (Arch. f. d. ges. Physiol., 1898, t. LXXII, pp. 163-185.

Page 173 : « Setzt man die Gleichzeitigkeit der Venenpulsationen voraus, so entsteht die Frage, wie werden die *örtlich so getrennten* Hohl- und Pulmonalvenen zu einer *gleichzeitigen* Thätigkeit angeregt. Ich muss nun sagen, dass mir hiefür die Annahme eines Coordinationscentrums bis jetzt die beste Erklärung zu geben scheint. »

culaires et qui coïncident avec le début de la systole ventriculaire (1).

Un autre moyen d'arrêter les pulsations auriculaires, c'est de soumettre directement un de leurs points, pendant un instant, aux excitations tétanisantes du chariot de du Bois-Reymond. Immédiatement, leurs parois cessent de battre et sont envahies par les trémulations fibrillaires connues sous le nom de *délire du cœur*. Dans ce cas, le délire envahit également la veine cave supérieure, qui cesse de battre, tandis que les pulsations ventriculaires persistent (avec un rythme accéléré et légèrement irrégulier, il est vrai).

Si l'on n'a fait agir ces chocs d'induction que pendant peu de temps, les oreillettes se remettront bientôt à battre et l'on pourra recommencer plusieurs fois de suite l'expérience, et même la varier, en portant cette fois l'excitation directement sur la portion de la veine cave qui montre les pulsations. Dans ce cas également, les pulsations cessent à la fois dans les veines et dans les deux oreillettes, mais persistent dans les ventricules.

Si l'excitation électrique est portée sur une portion de veine un peu plus éloignée du cœur, là où les pulsations ne se montraient pas, cette excitation n'est suivie d'aucun effet.

Ces expériences ont été répétées par moi sur un assez grand nombre de chiens et m'ont toujours donné ce

---

(1) Je me trouve ici d'accord avec J. A. Mc WILLIAM, qui a observé également : « *during stimulation of certain vagus branches (cat) a complete standstill of the auricles and great veins while the ventricles go on beating regularly* ». Mc WILLIAM, *On the rythm of the mammalian heart*. (JOURN. OF PHYSIOL., 1887, t. IX, p. 177.)

résultat que les pulsations de la veine cave supérieure sont liées à celles de l'oreillette, et qu'elles disparaissent chaque fois que l'oreillette cesse de battre. La veine cave inférieure ne se prête guère à des expériences de ce genre. Les pulsations n'y sont pas assez distinctes de celles de l'oreillette.

Si je serre très légèrement la ligature dont j'ai parlé tantôt, de manière à interrompre le cours du sang, mais à ne pas écraser la paroi de la veine, les pulsations veineuses persistent. Elles disparaissent dès que la ligature est serrée fortement, de manière à écraser la paroi de la veine. L'expérience a été répétée avec le même résultat sur l'animal atropinisé. Ici aussi, les pulsations veineuses ont disparu, les oreillettes continuant à battre, lorsqu'on interrompait la communication anatomique entre veine cave et oreillette (1).

Je considère, dans toutes ces expériences, l'inspection directe du cœur comme préférable à l'emploi d'appareils enregistreurs. Il est en effet bien difficile de distinguer, sur un graphique, la pulsation veineuse due aux contractions des parois musculeuses de l'organe, de celle qui est due à un tiraillement provenant des parties voisines, ou qui provient d'une propagation passive de pulsations ventriculaires ou auriculaires.

Quant à la question de savoir si la contraction de la

---

(1) Knoll *(loc. cit.)* et Mc William (Journ. of Physiol., t. IX, p. 174) ont au contraire vu persister les pulsations de la veine cave supérieure, après suppression par écrasement de ses connexions anatomiques avec l'oreillette droite. Il est possible que normalement la pulsation auriculaire débute dans la veine cave supérieure et se propage de là aux deux oreillettes et aux autres orifices veineux.

veine cave supérieure précède celle de l'oreillette, et coïncide également avec une pulsation de la veine cave inférieure et des veines pulmonaires, elle me paraît douteuse. Je crois, au contraire, que la pulsation de la veine cave supérieure était, au moins chez certains des chiens sur lesquels j'ai expérimenté, une émanation de la pulsation de l'oreillette droite.

Dans un cas au moins, sur un cœur isolé, dont les pulsations étaient fortement affaiblies, et chez lequel une partie de la cloison interauriculaire et de la voûte des oreillettes avait été détruite, la systole auriculaire débutait manifestement dans l'oreillette droite et se propageait ensuite, avec un retard appréciable à la simple vue, à l'oreillette gauche, y compris les orifices des veines pulmonaires.

Les faits précédents sont donc parfaitement compatibles avec la *théorie myogène*. Les suivants me paraissent trancher la question en faveur de cette théorie, au moins en ce qui concerne la communauté de rythme des deux oreillettes.

J'utilise, depuis quelque temps, les chiens que l'on sacrifie à l'Institut de physiologie de Liége, pour réaliser, immédiatement après leur mort, sur le cœur extrait du corps, une circulation artificielle d'après le procédé décrit par Waroux (1), procédé qui n'est qu'une modification légère de celui de Langendorff (2).

---

(1) Jules Waroux, *Du tracé myographique du cœur exsangue.* (Bull. de l'Acad. roy. de Belgique, 3e sér., t XXXV, 1898, p. 212, et Arch. de biol., 1899.)

(2) Langendorff, *Untersuchungen am überlebenden Säugethierherzen.* (Arch f. d. ges. Physiol., 1895, t. LXI, p. 291.)

Dans beaucoup de cas, le cœur se remet à battre sous l'influence d'une injection de sang défibriné artérialisé.

J'ai utilisé ces cas pour chercher à déterminer quel est le lien physiologique qui assure le synchronisme des battements de l'oreillette droite et de l'oreillette gauche.

Une première série d'expériences m'a montré que ce lien doit être cherché dans la paroi même des oreillettes et que la substance des ventricules n'y prend pas nécessairement part. Cette expérience a consisté à détacher complètement l'ensemble des deux oreillettes en les séparant des ventricules, par une première section circulaire complète, courant immédiatement au-dessus du sillon auriculo-ventriculaire, et par une seconde section, divisant la cloison interauriculaire. Quand les oreillettes continuent à battre après cette grave mutilation, ou qu'elles se remettent à battre après un arrêt plus ou moins long, elles conservent le même rythme commun.

J'ai fait ensuite une série d'expériences de sections plus ou moins complètes de la paroi de l'oreillette droite dans le voisinage immédiat de la cloison interauriculaire.

Sur un cœur de chien battant vigoureusement, j'ai sectionné la paroi postérieure, dorsale, de l'oreillette droite, tout près de la cloison interauriculaire et parallèlement à cette cloison, en prolongeant l'incision jusque dans la substance du ventricule droit; j'ai pareillement sectionné la paroi antérieure, sternale, de l'oreillette droite, depuis le voisinage de la base de l'artère pulmonaire, en allant rejoindre la voûte de l'oreillette droite, contre la cloison auriculo-ventriculaire. Un pont de substance musculaire, constituant la voûte de l'oreillette droite, l'unissait seul encore directement à l'oreillette gauche. Les deux oreillettes, après avoir présenté des contractions fibrillaires,

se remirent à battre en présentant un rythme commun. Le pont musculaire fut rétréci d'un coup de ciseaux, de manière à ne présenter qu'un centimètre d'étendue, sans que la communauté de rythme fut troublée. Un dernier coup de ciseaux ayant rompu le pont, les deux oreillettes continuèrent à battre, mais cette fois avec un rythme indépendant.

Sur un autre cœur de chien, on introduisit l'une des lames des ciseaux dans la veine cave inférieure et l'on sectionna aux ciseaux la paroi de l'oreillette droite parallèlement à la cloison interauriculaire, d'abord au-dessus de la veine cave, puis au niveau de la voûte de l'oreillette, puis à sa paroi antérieure, en pénétrant jusque dans le ventricule droit à côté de l'origine de l'artère pulmonaire.

On n'avait épargné que la petite portion de la paroi de l'oreillette, située entre l'orifice de la veine cave inférieure et la portion voisine du sillon auriculo-ventriculaire. Les oreillettes continuèrent à battre d'un rythme commun : ce rythme devint différent aussitôt qu'une nouvelle section pratiquée à partir de la veine cave inférieure jusqu'au sillon auriculo-ventriculaire, eut isolé anatomiquement la musculature de l'oreillette droite de celle de l'oreillette gauche. Dans ce cas, les ventricules continuèrent à battre du même rythme que l'oreillette gauche.

Enfin, dans une troisième série d'expériences, la paroi postérieure ainsi que la voûte de l'oreillette droite furent sectionnées dans le voisinage de la cloison interauriculaire, de manière à ne respecter que la paroi antérieure de l'oreillette droite : persistance de la communauté de

rythme des deux oreillettes. Dès que la paroi antérieure de l'oreillette fut également sectionnée, le rythme des deux oreillettes devint discordant.

Les mêmes expériences de séparation graduelle des deux oreillettes furent ensuite répétées, mais en pratiquant les sections dans les parois de l'oreillette *gauche*, toujours parallèlement et près de la cloison interauriculaire. Les résultats furent analogues.

Après séparation complète des deux oreillettes et discordance de leur rythme, on constata que les ventricules présentaient le même rythme que l'oreillette droite, c'est-à-dire encore une fois celle des deux oreillettes qui restait en continuité de substance avec la cloison interauriculaire.

Le résultat de toutes ces expériences peut se formuler comme suit : Les deux oreillettes cessent de présenter un rythme commun, si l'on divise complètement la paroi qui les unit l'une à l'autre; elles continuent à battre si cette paroi est divisée incomplètement. Il suffit d'un lambeau de peu d'étendue, situé, indifféremment, soit dans la paroi postérieure, soit dans la paroi supérieure, soit dans la paroi antérieure, pour assurer la communauté de rythme.

Il semble donc bien que la communauté de rythme de l'oreillette droite et de l'oreillette gauche soit réalisée par la propagation d'une onde de contraction, cheminant à travers la substance musculaire de leurs parois, sans l'intervention de nerfs ou de cellules nerveuses.

Comme je l'ai dit, j'ai vu nettement dans un cas cette onde de contraction franchir le pont musculaire entre l'oreillette droite et l'oreillette gauche.

Lorsque la discordance de rythme entre les oreillettes se trouve réalisée par une section pratiquée soit à droite, soit à gauche de la cloison interauriculaire, c'est l'oreillette qui reste adhérente à cette cloison qui règle le rythme des ventricules.

Je publierai sous peu les résultats d'expériences faites dans des conditions analogues et destinées à déterminer la voie par laquelle est réalisée la communauté de rythme entre les deux ventricules et les liens qui relient les pulsations ventriculaires à celles des oreillettes. Ces expériences sont malheureusement contrariées souvent par la facilité déplorable avec laquelle les ventricules du cœur du chien sont envahis par les trémulations fibrillaires, à la moindre lésion mécanique à laquelle on les soumet.

—

Sur la MYRIOTONIE *comme unité dans les mesures osmotiques ;*
par L. Errera, membre de l'Académie.

I

Il y a longtemps que les botanistes se sont occupés d'apprécier avec exactitude la valeur osmotique des solutions, et cette question acquiert aussi une importance de jour en jour croissante en physico-chimie, en physiologie animale, en bactériologie.

La valeur dont il s'agit ici a été exprimée de façons très diverses.

Les données les plus anciennes indiquaient la concentration (en poids) du corps dissous par 100 centimètres cubes de solution. Depuis que de Vries a montré que les corps chimiquement analogues exercent même pression osmotique par molécule dissoute, — qu'ils ont, en un mot, même pouvoir osmotique moléculaire, — on a pris l'habitude d'employer comme *unité de concentration* un nombre de grammes de chaque substance égal à son poids moléculaire. C'est ce que l'on a appelé un « équivalent » ou une « molécule-gramme » de la substance ou, pour nous servir d'un néologisme commode, *une mole* (*).

Mais, pour des corps qui ne sont pas analogues au point de vue chimique, la pression exercée en solution par une mole diffère énormément. On doit à de Vries des comparaisons étendues à cet égard (**). Il établit d'abord que, pour un même corps, la pression osmotique croît proportionnellement à la concentration. Puis, afin de comparer entre eux les divers corps, il choisit comme *unité de pression* le tiers de la pression osmotique d'une molécule de nitrate de potassium et appelle *coefficient isotonique* d'une substance la pression osmotique (ou, comme il disait, l'affinité pour l'eau) qu'elle présente, rapportée à celle d'une solution de salpêtre de même

---

(*) On peut traduire ainsi (L. Errera, *Remarques sur la toxicité moléculaire de quelques alcools*, Bull. de la Soc. roy. des sciences méd. et nat. Bruxelles, 1900, p. 25) l'expression « ein Mol » proposée par Ostwald (*Lehrb. d. allgemeinen Chemie*, 2. Aufl., Bd II, II, 1897, S. 212; Cfr. Nernst, *Theoret. Chemie*, 2. Aufl., 1898, S. 43).

(**) H. de Vries, *Eine Methode zur Analyse der Turgorkraft*, Pringsh. Jahrb., Bd XIV, 1884, S. 427.

concentration moléculaire. D'après lui, le coefficient isotonique est, pour chaque substance, une constante et, qui plus est, un nombre entier : 3 pour le nitrate de potassium, le chlorure de sodium, etc.; 4 pour le sulfate de potassium; 5 pour le citrate de potassium; 2 pour le sulfate de magnésium, les acides libres, les composés organiques non métalliques; etc.

Cette façon relativement simple de représenter les choses a certes rendu de grands services, et, pendant tout un temps, on s'est ainsi contenté d'exprimer la valeur osmotique d'une solution en indiquant sa concentration en moles par litre et en tenant compte de son coefficient isotonique : c'est ce qu'on appelait sa valeur en salpêtre (*Salpeterwerth*).

Toutefois, à mesure que les recherches devinrent plus précises et que la physiologie aborda des problèmes osmotiques plus délicats, on dut constater que l'on n'arrivait par cette méthode qu'à une première approximation. La méthode repose, en effet, sur deux suppositions qui ne sont pas tout à fait exactes. D'abord — même pour les solutions étudiées par de Vries — les coefficients isotoniques s'écartent parfois assez notablement des nombres entiers, comme de Vries l'avait déjà reconnu pour certains cas. Ces nombres ronds n'ont pas même le degré de précision des poids atomiques ronds qu'on emploie dans les calculs chimiques approchés. De plus, la pression osmotique n'est pas rigoureusement proportionnelle à la concentration : le coefficient isotonique varie, en réalité, au moins pour les électrolytes (c'est-à-dire les acides, les bases et les sels), avec la teneur du liquide en corps dissous; il augmente ici à mesure que la concentration diminue et il tend vers une limite.

On sait quel merveilleux essor a pris l'étude des solu tions depuis que van 't Hoff a assimilé la pression osmotique à la pression gazeuse et qu'Arrhenius y a ajouté la conception féconde de la dissociation électrolytique. Il s'est trouvé que les coefficients isotoniques doivent être proportionnels au facteur *i* introduit par van 't Hoff dans la formule fondamentale des gaz pour la rendre applicable aux solutions salines, et que ce facteur *i* lui-même n'est autre que le coefficient de dissociation électrolytique, c'est-à-dire un coefficient indiquant dans quelle proportion le nombre des molécules dissoutes a augmenté par suite de cette dissociation.

II

Il résulte nettement de recherches comparatives faites par Fr. Van Rysselberghe à l'Institut botanique de Bruxelles, que l'écart entre les coefficients isotoniques constants (qu'on prenne les nombres de de Vries ou ceux que l'on obtient par la détermination du point de congélation) et les coefficients de dissociation électrolytique variables avec la concentration, ne peut être négligé au point de vue physiologique (*) : il convient désormais de substituer ceux-ci à ceux-là dans toute détermination osmotique précise.

(*) Voy. Fr. Van Rysselberghe, *Réaction osmotique des cellules végétales à la concentration du milieu.* (Mémoires couronnés publiés par l'Acad. roy. de Belgique, t. LVIII, 1899; et mon Rapport sur ce mémoire, *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, janvier 1898.)

Dans son travail, Van Rysselberghe adoptait comme unité osmotique et désignait par le symbole *is* la pression de la solution de salpêtre contenant un millième de mole de KNO_3 par litre. Toutes les solutions employées par lui étaient ramenées à cette unité, en tenant compte du poids moléculaire de chaque substance et de son coefficient de dissociation électrolytique à la concentration considérée (*).

A mon avis, il y a lieu de faire un pas de plus. Puisque nous savons maintenant que les corps en solution diluée se comportent tout à fait comme des gaz, pourquoi ne pas exprimer les pressions de la même manière dans les deux cas?

Et quelle est l'unité de pression la plus convenable pour les gaz? On mesure communément leur pression par le poids d'une colonne mercurielle équivalente, ou encore en atmosphères (de 76 centimètres de Hg à 0°, au niveau de la mer). Mais ces unités-là sont arbitraires et, de plus, elles dépendent de la constante g de la gravitation, laquelle varie avec la latitude géographique. La vraie méthode, dès lors, est de recourir aux « unités absolues » de mesure du système CGS.

Dans ce système, l'unité de force est celle qui donne à la masse de 1 gramme une accélération de 1 centimètre par seconde : on lui a donné le nom de *dyne*. L'unité de pression ou d'effort sera donc la pression de l'unité de force par unité de surface, soit celle de 1 dyne par centimètre carré. Je propose de l'appeler *tonie* (de τόνος, effort,

---

(*) Fr. Van Rysselberghe, *Loc. cit.*, p. 32 du tiré à part.

tension), avec ses sous-multiples et multiples : *décitonie, décatonie, kilotonie, myriotonie* (10000 tonies), *mégatonie* (1 million de tonies), etc.

Il est aisé de calculer la relation entre la *tonie* et l'*atmosphère moyenne* (c'est-à-dire celle qui répond à la latitude de 45°).

Une colonne de mercure de 76 centimètres de haut et de 1 centimètre carré de base, à la température de 0°, sous la latitude de 45°, au niveau de la mer, exerce une pression égale à 76 × densité du mercure à 0° × constante de la gravitation pour 45°, soit

$$\left.\begin{aligned} 76 \times 13{,}5956\,(^{*}) \times 980{,}635\,(^{**}) &= 1013256 \text{ tonies} \\ = 101{,}3256 \text{ myriotonies} &= 1{,}013256 \text{ mégatonies.} \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

On voit par là que l'atmosphère est très peu supérieure à une mégatonie (c'est-à-dire à la pression de 1 million de dynes par centimètre carré) ou que la myriotonie équivaut grossièrement à $^1/_{100}$ d'atmosphère.

Que devient avec cette unité la constante R de l'équation fondamentale des gaz : $pv = RT$, où p est, comme on sait, la pression en atmosphères, v le volume en litres occupé par une mole, T la température comptée à partir du zéro absolu et R une constante? Suivant les déterminations de Regnault et d'autres, une mole des gaz parfaits, quand elle occupe l'espace de 1 litre, exerce à 0° C.

(*) EVERETT, *Physikalische Einheiten und Constanten*, trad. all. Leipzig, 1888, S. 32.

(**) *Ibid.*, S. 19.

une pression de 22,42 atmosphères moyennes (*). L'équation

$$p_{atm.} v_{lit.} = RT \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

devient, dans ces conditions,

$$22{,}42 \text{ atm.} \times 1 \text{ litre} = R \times 273,$$

d'où

$$R = \frac{22{,}42}{273} = 0{,}08212.$$

Dans le système CGS, p doit être exprimé, non en atmosphères, mais en tonies ou, si l'on veut éviter de grands nombres fastidieux, en *myriotonies* — que l'on pourrait représenter par le symbole $\overset{\tau}{M}$ (formé d'un M majuscule surmonté d'un τ grec). Les volumes v peuvent continuer à être comptés en *litres*, qui sont des multiples de l'unité fondamentale, le centimètre cube; et T conserve sa signification.

La relation entre la valeur de p en atmosphères et celle en myriotonies est, d'après (1) :

$$p_{atm.} = \frac{p_{\overset{\tau}{M}}}{101{,}3256};$$

substituant dans (2) :

$$\frac{p_{\overset{\tau}{M}} \cdot v_{lit.}}{101{,}3256} = RT = 0{,}08212\,T$$

$$p_{\overset{\tau}{M}} \cdot v_{lit.} = 0{,}08212 \times 101{,}3256\,T = 8{,}32\,T. \quad . \quad (3)$$

(*) Cf. NERNST, *Theoret. Chemie*, 2. Aufl., 1898, S. 43. — C'est sans doute par suite d'un lapsus que Nernst, *Op. cit.*, S. 44, a écrit 760 au lieu de 76 dans le calcul de la valeur de l'atmosphère en unités absolues.

Si le volume v, au lieu de renfermer une mole de gaz, en renferme n, l'équation fondamentale devient, comme on sait :

$$pv = nRT;$$

soit, dans le cas actuel :

$$p_{\frac{T}{M}} \cdot v_{\text{lit.}} = 8{,}32 \cdot nT.$$

III

D'après la proposition que j'ai faite il y a déjà quelques années (*), il s'agirait d'adopter aussi pour les solutions cette unité rationnelle. L'équation $pv = iRT$ devient dès lors :

$$p_{\frac{T}{M}} \cdot v_{\text{lit.}} = 8{,}32\, iT \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

où, je le répète, p est la pression osmotique (en myriotonies) de la solution, v le volume (en litres) qui y est occupé par une mole du corps dissous, i le coefficient de dissociation électrolytique de ce corps dans les conditions considérées et T la température comptée à partir de — 273° C.

Calculons, par cette relation, *la concentration de la solution de* KNO_3 *pur qui donne, à 18° C., la pression de 1 myriotonie.* Posons donc dans (4) :

$$p = 1, \quad T = 273 + 18 = 291;$$

(*) L. Errera, *On the unit to be adopted for osmotic measurements*, British Association, Report, 1898, p. 1068; et Annals of Botany, Dec. 1898, p. 569.

pour les solutions très diluées dont il s'agit ici, la dissociation du nitrate de potassium est presque complète, c'est-à-dire que i est presque $= 2$. Prenant cette valeur, on a :

$$v_{\text{lit.}} = 8{,}32 \times 2 \times 291 = 4842^{l}{,}24.$$

Si maintenant on remplace i par sa valeur plus exacte qui, pour la dilution considérée, est 1,986 (voir tableau plus loin), on calcule :

$$v_{\text{lit.}} = 8{,}32 \times 1{,}986 \times 291 = 4808^{l}{,}34.$$

On peut donc poser très sensiblement :

$$v_{\text{lit.}} = 4810 \text{ litres};$$

c'est-à-dire que *la solution de 1 mole de* KNO_3 ($= 101^{gr}{,}19$) (*) *dans 4810 litres d'eau exerce, à 18° C., la pression osmotique de 1 myriotonie.* Si l'on désigne par c la *concentration moléculaire* (nombre de moles par litre), $c = \frac{1}{v}$, et notre solution a une concentration :

$$c = \frac{1}{4810} = 0{,}0002079 \text{ mole par litre},$$

c'est-à-dire à peine plus de $^2/_{10000}$ de mole par litre ou 2 dix-millionièmes de mole par centimètre cube.

Pour effectuer les calculs de ce genre, il suffit donc de connaître la concentration en moles $c = \frac{1}{v}$ et le coeffi-

(*) En prenant les « poids atomiques internationaux » pour 1901 de la Commission des poids atomiques de la *Deutsche chemische Gesellschaft.*

cient de dissociation de la substance dans les conditions données, i.

Voici, à titre d'indication, les valeurs de i (pour des solutions aqueuses de KCl et de KNO_3 à 18° C.) que j'ai calculées d'après les conductibilités moléculaires. On sait comment s'effectue ce calcul fort simple. Désignant par α le *degré de dissociation,* c'est-à-dire la proportion de molécules dissociées sur le nombre primitif total de molécules et par n le nombre d'ions que chaque molécule donne par sa dissociation électrolytique, on a la relation connue :

$$i = 1 + (n - 1)\alpha \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Quant à α, sa valeur est fournie par le rapport entre la conductibilité moléculaire λ pour la concentration donnée et la limite λ_∞ vers laquelle tend cette conductibilité pour des dilutions de plus en plus grandes :

$$\alpha = \frac{\lambda}{\lambda_\infty} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

Les valeurs de λ se trouvent dans les tables de Kohlrausch et Holborn (*); celles de λ_∞ peuvent s'obtenir par l'addition des vitesses du cation et de l'anion considérés :

$$\lambda_\infty = l_c + l_a \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

Les tables précitées (**) indiquent, par exemple, pour le cation K, à 18°, à une dilution infinie :

$$l_c = 65{,}3;$$

(*) F. Kohlrausch und L. Holborn, *Leitvermögen der Elektrolyte*, 1898, Tabelle 2, S. 159.

(**) *Ibid.*, Tabelle 8, S. 200.

pour l'anion NO_3,

$$l_a = 60,8;$$

d'où

$$\lambda_\infty = 65,3 + 60,8 = 126,1.$$

Pour la conductibilité moléculaire de KNO_3, à la concentration 0,0002, à 18° C., les tables donnent :

$$\lambda = 124,3.$$

Il en résulte :

$$\alpha = \frac{\lambda}{\lambda_\infty} = 0,986$$

et, comme $n = 2$ pour le nitrate de potassium :

$$i = 1 + \alpha = 1,986.$$

C'est ainsi qu'ont été obtenues toutes les valeurs de i de notre tableau; elles figurent dans la troisième colonne. La première indique la concentration c en moles par litre; la seconde, le volume v en litres occupé par 1 mole; enfin, dans la dernière colonne sont inscrits les produits $i \times c$ dont il sera question plus loin. On remarque que, pour les solutions diluées, les deux sels ont sensiblement mêmes valeurs de i; et il en est ainsi pour les autres sels formés de radicaux univalents, tels que $NaNO_3$, NaCl, acétate d'ammonium, etc. Mais à mesure que la concentration s'élève, les choses se compliquent, les écarts s'accentuent de plus en plus, et les valeurs de i ne doivent être employées qu'avec précaution.

Valeurs du coefficient i *pour* KCl *et* KNO_3 *en solution aqueuse à* 18° C.

Concentration en moles par litre : *c*.	VOLUME en litres occupé par 1 mole : *v*.	COEFFICIENT de dissociation électrolytique : $i = 1 + x$.		PRODUIT $i \times c$	
		KCl (1 mole = 74gr,60).	KNO_3 (1 mole = 101gr,19).	pour KCl.	pour KNO_3.
3	0,33	1,673	1,486	5,019	4,458
2	0,5	1,706	1,550	3,412	3,100
1	1	1,748	1,638	1,748	1,638
0,5	2	1,780	1,711	0,890	0,855
0,1	10	1,853	1,828	0,185	0,183
0,05	20	1,883	1,872	0,094	0,094
0,03	33,3	1,902	1,896	0,057	0,057
0,01	100	1,934	1,937	0,019	0,019
0,005	200	1,950	1,952	0,010	0,010
0,002	500	1,965	1,967	0,004	0,004
0,001	1000	1,973	1,975	0,002	0,002
0,0005	2000	1,978	1,980	0,001	0,001
0,0002	5000	1,984	1,986	0,0004	0,0004
0,0001	10000	1,987	1,989	0,0002	0,0002
$\frac{1}{\infty}$	∞	2	2	0	0

IV

Les indications précédentes suffisent à résoudre sans grande peine les problèmes osmotiques qui se présentent habituellement en physiologie. Il ne sera pas inutile de le montrer rapidement, surtout à l'intention des physiologistes qui pourraient redouter la complication des calculs.

Les problèmes dont il s'agit peuvent se ramener à trois principaux :

1° *Connaissant la concentration* c *en moles par litre de la solution aqueuse d'une substance donnée, à une température donnée, en indiquer la pression osmotique en myriotonies.*

De

$$p_{\frac{T}{M}} v_{\text{lit.}} = 8{,}32 . T . i$$

et

$$v = \frac{1}{c},$$

on tire :

$$p_{\frac{T}{M}} = 8{,}32 . T . i . c \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

Exemple : Quelle est la pression exercée, à 18°, par une solution de 0,1 mole KNO_3, soit $10^{gr},119$ par litre (ou environ 1 °/₀)?

Réponse :

$$p_{\frac{T}{M}} = 8{,}32 \times 291 \times 1{,}83 \times 0{,}1 = 443^{\frac{T}{M}},06.$$

Si l'on désire transformer les myriotonies en atmosphères, on obtient, comme nous savons, un résultat approché en divisant simplement par 100 — soit 4,4 atmosphères — et un résultat exact en divisant

[voir équation (1)] par 101,33 ou, ce qui revient au même, en multipliant par 0,00987 : ce qui donne 4,37 atmosphères.

D'ordinaire, on attribue à la solution de 1,01 % de salpêtre une pression osmotique sensiblement moindre : 3,7 atmosphères seulement. Mais, dans les déterminations faites jusqu'ici, cette solution n'a probablement pas pu manifester la plénitude de sa pression osmotique, car les parois semi-perméables employées laissaient sans doute passer au moins quelques traces de salpêtre.

2° Réciproquement, *calculer la concentration qu'il faut donner à la solution aqueuse d'une substance donnée, à une température donnée, pour qu'elle exerce telle pression osmotique.*

Des égalités ci-dessus, on tire :

$$v = \frac{8{,}32\,T.i}{p} \quad \text{ou} \quad c = \frac{p}{8{,}32.T.i} \qquad (8) \text{ et } (9)$$

Comme on ne connaît ni la concentration ni le coefficient i correspondant, il faudrait commencer par résoudre approximativement, trouver ainsi une valeur approchée de i, et calculer c ou v; par tâtonnements successifs, on arriverait à une exactitude aussi grande qu'on le voudrait. Mais il est plus commode de prendre pour inconnue le produit ic :

$$ic = \frac{i}{v} = \frac{p}{8{,}32\,T} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (10)$$

et, celui-ci trouvé, de recourir à un tableau tel que celui de la page 146, qui donnera alors la valeur correspondante de i; une simple division permettra d'en déduire c.

Exemple : Quelle est la solution de KCl ou de KNO_3 qui exerce, à 18°, la pression de 100 myriotonies?

Réponse :

$$ic = \frac{p}{8{,}32T} = \frac{100}{2421{,}12} = 0{,}0413.$$

Cette valeur de ic est comprise entre 0,019 et 0,057 de la dernière colonne du tableau (p. 146), ce qui répond, pour le chlorure de potassium, à

$$i = 1{,}92;$$

d'où

$$c = \frac{0{,}0413}{1{,}92} = 0{,}02151 \text{ mole};$$

et

$$v = \frac{1}{c} = \frac{1}{0{,}0215} = 46^{l}{,}5;$$

et de même pour le nitrate de potassium.

C'est ainsi qu'a été obtenu le tableau suivant (les nombres y sont un peu arrondis, vu l'incertitude des dernières décimales de i) :

PRESSIONS osmotiques en myriotonies : $p_{\frac{T}{M}}$.	CONCENTRATION c en moles par litre de la solution aqueuse		VOLUME v en litres occupé par une mole	
	de KCl à 18° C.	de KNO_3 à 18° C.	de KCl à 18° C.	de KNO_3 à 18° C.
1	0,0002086	0,0002075	4800	4810
10	0,002107	0,002096	475	477
100 (= environ 1 atm.)	0,02151	0,02151	46,5	46,5
1000	0,2257	0,2307	4,43	4,33
10000	2,4438	2,7533	0,41	0,36

3° *Une solution étant donnée, déterminer la concentration d'une solution d'un autre corps, qui soit isotonique avec la première, à même température.*

Appelant i et c, i' et c', respectivement, le coefficient de dissociation électrolytique et la concentration en moles par litre des deux solutions, on doit avoir, en cas d'isotonisme :

$$ic = i'c' \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

Si l'on a, pour les deux substances, un tableau tel que celui de la page 146, le problème est tout résolu. Sinon, il faut procéder par approximations.

Exemple : Quelle est la solution de K_2SO_4 isotonique avec celle de KNO_3 de 0,1 mole par litre?

Pour cette solution de KNO_3, on voit, par le tableau de la page 146, que $ic = 0,183$. On sait, par les coefficients isotoniques de de Vries, que i' chez K_2SO_4 est, en première approximation, égal aux $^4/_3$ de i chez KNO_3; donc c' est voisin de $^3/_4\ c$, c'est-à-dire de 0,075. Cherchons maintenant plus exactement, pour K_2SO_4, le degré de dissociation α' aux environs de cette concentration. D'après les tables déjà citées de Kohlrausch et Holborn, p. 200, on a pour $^1/_2$ molécule K_2SO_4 à 18° C. :

$$\lambda'_\infty = l'_c + l'_a = 65,3 + 69,7 = 135,0;$$

tandis que λ' à 18° pour $c' = 0,075$ est compris (*ibid.*, p. 159) entre 95,9 pour $c' = 0,1$, et 102,5 pour $c' = 0,05$; on peut prendre sans trop d'erreur la moyenne arithmétique, soit 99,2 (*). D'où

$$\alpha' = \frac{\lambda'}{\lambda'_\infty} = \frac{99,2}{135} = 0,735.$$

(*) Il serait naturellement plus correct, mais notablement plus long, de procéder par interpolation graphique.

Comme, en outre, pour les sels du type K_2SO_4, $n' = 3$, l'équation (5) donne :

$$i' = 1 + 2\alpha' = 1 + 1,47 = 2,47.$$

Enfin,

$$c' = \frac{ic}{i'} = \frac{0,183}{2,47} = 0,0741;$$

c'est-à-dire que la solution de K_2SO_4 de 0,0741 mole par litre est isotonique avec celle de KNO_3 de 0,1 mole par litre.

En cherchant maintenant, par interpolation, la valeur de i' pour cette concentration, on obtiendrait, si cela en valait la peine, une approximation encore plus grande.

Si les concentrations, au lieu d'être indiquées en moles par litre, le sont en grammes, le calcul n'est qu'un peu plus compliqué. Soient deux solutions titrant respectivement a et a' grammes %, — c'est-à-dire 10 a et 10 a' grammes par litre, — la première renfermant un corps dont le poids moléculaire est M et le coefficient de dissociation électrolytique dans les conditions considérées i; les quantités correspondantes étant M' et i' pour le second corps, quelle est la relation qui doit exister pour que les deux solutions soient isotoniques?

Les concentrations en moles par litre sont dans ce cas :

$$\frac{10a}{M} \quad \text{et} \quad \frac{10a'}{M'}.$$

Substituant ces valeurs à c et c' dans l'égalité (11), on a :

$$\frac{10a}{M} i = \frac{10a'}{M'} i',$$

d'où

$$aiM' = a'i'M \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

Exemple : Quelle est la solution de NaCl isotonique avec celle de KNO_3 à 2 °/₀?

Une solution de 2 °/₀ de KNO_3 répond à $\frac{20}{101,19}$ moles, soit environ 0,2 mole par litre. A cette concentration, d'après le tableau de la page 146, $i = 1,80$ environ; et d'après Kohlrausch et Holborn, à la même concentration moléculaire, pour le NaCl,

$$i' = 1 + \frac{88,2}{110,3} = 1,80$$

comme pour le KNO_3.

Donc, d'après (12) :

$$2 \times 1,80 \times 58,5 = a' \times 1,80 \times 101,19$$

$$a' = \frac{2 \times 58,5}{101,19} = 1,156 \text{ °/₀}.$$

V.

Voici la conclusion qui nous paraît se dégager de cette étude :

Il convient d'exprimer les pressions osmotiques et les pressions gazeuses en fonction d'une même unité rationnelle. L' «atmosphère» étant une unité arbitraire et qui, de plus, n'est pas fixe, il y a lieu de recourir au système des mesures absolues CGS et de prendre pour unité de pression ou d'effort la *myriotonie* $\left(\frac{T}{M}\right)$, c'est-à-dire la pression de dix mille dynes par centimètre carré de surface, la dyne étant, comme on sait, la force qui imprime à la masse de 1 gramme une accélération de 1 centimètre par seconde.

La myriotonie correspond grossièrement à $^1/_{100}$ d'atmosphère. Elle est d'un ordre de grandeur très convenable pour les mesures et les calculs, tant de pression gazeuse que de pression osmotique.

Avec cette unité, l'équation fondamentale $pv = i\,RT$ devient :

$$p_{\frac{T}{M}} v_{\text{litre}} = 8{,}32\,iT.$$

Bruxelles, Institut botanique, février 1901.

Contribution à l'étude des situations atmosphériques qui accompagnent le brouillard en Belgique ; par E. Vanderlinden, docteur en sciences, assistant au Service météorologique de Belgique.

On a reconnu, non sans raison, que pour pouvoir compléter nos connaissances sur les phénomènes atmosphériques, il ne suffit pas d'observer et d'enregistrer ceux-ci, mais qu'il importe encore et surtout de les soumettre à une espèce d'analyse qualitative, qui permette de déceler tous les facteurs qui interviennent dans leur genèse. Les résultats que fourniront ces études analytiques permettront de trouver pour chaque groupe de phénomènes un ensemble de conditions qui les accompagnent toujours. Cela étant connu, il sera possible de se rapprocher du but suprême de la science météorologique au point de vue pratique, savoir la prévision des phénomènes atmosphériques.

C'est sous l'influence de ce principe qu'ont été conçus en ces dernières années les beaux travaux des

van Bebber, des Teisserenc de Bort, etc. Si, comme il est permis de l'espérer, on persévère dans la méthode employée par ces savants, on peut entrevoir une époque où le rôle des instituts météorologiques subira des modifications profondes. Ces établissements sont destinés à devenir, en même temps que des stations d'observation, de véritables laboratoires où chaque météore sera étudié quant à ses causes et quant aux circonstances qui l'accompagnent. L'efficacité de ces études n'est du reste plus problématique depuis qu'elles ont jeté la lumière sur le mode de formation des orages et des trombes.

La présente note, qui n'est qu'un essai faible et incomplet dans cette voie, a pour objet de provoquer l'étude et de contribuer à l'élucidation d'une question de météorologie encore assez négligée, savoir celle des situations et conditions atmosphériques qui, en Belgique et dans les contrées limitrophes, accompagnent le brouillard ou lui donnent généralement naissance. Le brouillard étant un des éléments importants de la climatologie de notre pays et la cause de fréquents accidents, il serait oiseux d'insister sur l'utilité qu'il y aurait à fixer par quelques caractères saillants les situations et les particularités atmosphériques qui régissent l'apparition de ce météore et aider ainsi à sa prévision avec quelques chances de succès.

Afin d'apporter une part de travail à la solution de ce problème, nous avons étudié et essayé de ramener à une classification aussi rationnelle que possible les situations atmosphériques à brouillard qui se sont présentées pendant les années 1896 à 1900. Cette période nous a fourni l'occasion de confectionner et d'examiner environ deux cents cartes synoptiques, dans l'élaboration et l'interpré-

tation desquelles nous avons tenu compte de la répartition de la pression, de la température, ainsi que de la direction et de la force du vent. Nous avons étudié aussi pour chaque brouillard la marche du thermomètre, de l'humidité atmosphérique et de la vitesse du vent, aussi bien au commencement que pendant et après le phénomène. Il eût été, sans aucun doute, intéressant d'y joindre l'examen de la marche de l'évaporation ainsi que du rôle que jouent certaines conditions locales, mais les observations qu'on possède sur ces facteurs sont assez incomplètes. Au reste, ils sont d'une importance moindre pour le sujet qui nous occupe et leur étude doit plutôt servir à compléter nos connaissances sur la théorie physique de la formation du brouillard.

La manière dont nous avons envisagé la question pourra donc paraître quelque peu simpliste; mais le but que nous poursuivons ayant un caractère plutôt pratique que théorique, il nous a semblé que pour l'atteindre il était nécessaire de déterminer les situations à brouillard par leurs caractères externes ou en quelque sorte morphologiques, et ceux-ci sont incontestablement constitués en première ligne par l'allure et la disposition des isobares et des isothermes, et la position respective des maxima et des minima barométriques (1).

Il convient de faire une remarque préliminaire sur le sens qu'il faut attribuer au mot brouillard, car sous

---

(1) Pour éviter la confusion, nous avons dû renoncer au tracé des isothermes sur les cartes ci-annexées. Dans ces cartes, les points noirs indiquent les stations où l'on a observé le brouillard à 8 heures du matin.

cette dénomination on a maintes fois classé des phénomènes localisés sur un espace très réduit et n'ayant avec le brouillard proprement dit que des ressemblances superficielles. Il en est ainsi des brumes ou brouillards secs qu'on observe assez communément dans les centres industriels, près des gares et en général partout où se fait une combustion active. Ces apparitions, purement accidentelles, n'ont de commun avec le brouillard réel que l'opacité plus ou moins grande qu'elles donnent à l'atmosphère. Elles ne sont pas accompagnées d'une saturation de l'air (1) et, de plus, ne paraissent guère être en relation avec certaines situations atmosphériques définies, car, en dernière analyse, on peut les ramener à une combinaison chimique s'opérant entre la vapeur d'eau et certaines substances hygroscopiques, notamment l'anhydride sulfureux, provenant de la combustion de charbon pyriteux. Il en est de même des particules de charbon qui, jouissant d'un pouvoir émissif considérable, se refroidissent très rapidement par rayonnement et constituent au bout de quelque temps de minuscules réfrigérants sur lesquels la vapeur d'eau vient se condenser.

Dans la présente étude, nous n'avons tenu compte que des brouillards accompagnés d'un air saturé et où la transparence de l'air, à Uccle, était réduite à 1000 mètres au moins. Disons à ce propos qu'il est à souhaiter que, dans l'observation du brouillard, on se base sur le degré de transparence de l'air, en notant la distance où s'arrête la limite de visibilité.

---

(1) Ce fait avait été observé dès 1827 par J.-B. Van Mons.

En tant que phénomène purement physique, le brouillard fut plus d'une fois l'objet des investigations des physiciens. Après qu'on l'eut longtemps considéré comme un amas de vésicules creuses, ainsi que le pensèrent Leibnitz, Wolf, Gay-Lussac, de Saussure, etc., les travaux de Young, Frauenhofer, Helmholtz, de Tessan, Ritter, etc., établirent qu'il est, au contraire, formé de gouttelettes microscopiques. Caulier et Mascart et, plus tard, Aitken démontrèrent que la formation de chaque gouttelette est liée à la présence d'un noyau solide, sorte d'échafaudage sur lequel les molécules de vapeur d'eau viennent s'accumuler. D'autre part, d'après R. von Helmholtz, les vapeurs de ClH, SO^4H^2, SO^2, AzO^3H et CO^2 peuvent remplacer les particules solides dans ce processus (1). Ce même physicien étudia le refroidissement de l'air, cause première de tout brouillard. Ce refroidissement trouverait son origine dans l'expansion adiabatique de l'air humide et serait à même d'occasionner la précipitation de la vapeur d'eau malgré la diminution de pression que subit en même temps le gaz (2). La conséquence qui, aux yeux de l'auteur, découle de cette théorie, est que dans l'atmosphère les facteurs principaux qui interviennent dans la formation du brouillard sont de petites dépressions. Nous nous contentons de signaler cette opinion, admise par

---

(1) Le même auteur pense que la formation du brouillard dans l'air humide ne coïncide pas exactement avec le moment où l'air est saturé. Il devrait au contraire être sursaturé. (*Dampf und Nebel*, dans Ann. de Poggendorff, 1886, p. 52.) La même idée fut émise par W. Thomson.

(2) *Ueber Nebelbildung*. (Met. Zeitschr., 1886, p. 263.)

van Bebber (1). D'après Mascart (2) et Ch. André (3), une hausse barométrique accompagne, au contraire, l'apparition du brouillard. L'hypothèse de l'expansion adiabatique implique aussi l'existence d'un courant ascendant de l'air humide, idée combattue par différents auteurs, notamment par Köppen. De plus, elle n'est pas en harmonie avec les résultats fournis par quelques observations faites en ces dernières années. On admet, en effet, que dans tout mouvement cyclonique la température décroît avec la hauteur. Or, les observations de Lamp (4) et de la Société aéronautique de Berlin (5) montrent qu'à l'intérieur du brouillard la température augmente à mesure qu'on s'élève dans l'atmosphère. Ce dernier caractère tendrait plutôt à faire admettre l'absence d'un courant ascendant.

Si le brouillard a été beaucoup étudié au point de vue physique, il ne l'a été que peu comme phénomène météorologique, et ici nous constatons une pénurie de travaux. La plupart des auteurs de traités de météorologie, tout en s'étendant assez longuement sur les causes et propriétés physiques du phénomène, se contentent de dire que les conditions atmosphériques qui favorisent sa production sont un air tranquille et humide et une hauteur barométrique considérable, joints à un abaissement brusque et

---

(1) *Der Witterungskunde in der Praxis.*

(2) *Sur l'inscription des phénomènes météorologiques.* (ANNUAIRE DE LA SOC. MÉTÉOR. DE FRANCE, 1880, pp. 11-15.)

(3) *Faits pour servir à l'étude du brouillard.* (COMPTES RENDUS, 1881, pp. 46-48.)

(4) MET. ZEITSCHR., décembre 1884.

(5) L'AÉROPHILE, mars 1900.

notable de la température. Cette opinion est admissible dans ses grands traits, mais nous verrons qu'on peut aussi observer du brouillard par de faibles hauteurs barométriques.

L'étude des situations atmosphériques qui accompagnent le brouillard a été effleurée dans quelques travaux seulement. Parmi leurs auteurs, il convient de citer en premier lieu van Bebber. Dans son *Handbuch der Witterungskunde*, il dit qu'en général le brouillard se présente fréquemment sur la limite séparative des anticyclones et des cyclones. Quoique « limite séparative » soit un terme assez vague quand il est question de cyclones et d'anticyclones, il convient de dire qu'au fond l'opinion du savant météorologiste allemand est admissible, comme nous le verrons plus loin. La *Wettervorhersage* du même auteur contient un aperçu sur la fréquence relative du brouillard en Allemagne, pour tous les types de situations passés en revue dans cet ouvrage. Dans un autre travail (1), il montre qu'en Allemagne la probabilité du brouillard dans les anticyclones est la plus grande quand le maximum de pression se trouve sur l'est, l'est-sud-est, le sud-est ou le sud-sud-est de l'Empire; la moindre, quand il est sur l'ouest ou sur le nord; moyenne, quand il en occupe le centre.

Enfin, récemment (2), le même auteur a défini deux situations types accompagnées, en Allemagne, de brouillard en hiver et en automne. L'une d'elles se distingue

---

(1) *Das Wetter in den barometrischen Maxima.* (AUS DEM ARCHIV DER DEUTSCHEN SEEWARTE, 1892, n° 4.)

(2) *Wissenschaftliche Grundlage einer Wettervorhersage auf mehrere Tage voraus.* (AUS DEM ARCHIV, ETC., 1899.)

par l'existence de pressions élevées sur l'Europe centrale; l'autre, par la présence d'anticyclones sur le nord et le nord-est du continent.

Nous avons déjà eu l'occasion de constater, par des recherches préliminaires, que cette conséquence est applicable à la Belgique (1).

Angot (2) rattache la formation du brouillard à la présence d'anticyclones spéciaux, existant indépendamment de toute dépression, ayant de très grandes dimensions, des gradients faibles et séjournant parfois longtemps à la même place. Ajoutons que cet auteur attribue avec raison un rôle important au rayonnement et à l'évaporation qui s'exerce à la surface du sol.

Citons encore un travail de von Jedina sur les conditions atmosphériques qui accompagnent les brouillards sur l'Adriatique (3).

En Belgique, le brouillard a fait l'objet de différents travaux. Les observations recueillies à l'Observatoire depuis sa fondation montrent que chez nous sa fréquence diminue graduellement de janvier à juillet. En ce dernier mois, le phénomène atteint son minimum de fréquence. Celle-ci augmente ensuite assez rapidement et arrive à son maximum en décembre.

Au commencement de ce siècle, l'Académie de Belgique a publié deux mémoires relatifs aux brouillards; ajoutons qu'ils ne sont pas sans mérite. L'un a pour auteur J.-B. Van Mons et porte comme titre : *Quelques particularités*

---

(1) Ciel et Terre, 16 février 1900.

(2) *Traité de météorologie.* Paris, 1899; in-8°.

(3) *Der Nebel der Adria.* (Met. Zeitschr., Bd VIII.)

concernant les brouillards de différente nature (1). Les brouillards s'y trouvent divisés en brouillards secs, brouillards humides et brouillards mixtes. Van Mons y discute longuement le point de savoir si l'odeur de certains brouillards secs provient réellement de la combustion d'herbes ou de tourbe. Le deuxième mémoire, intitulé : *Sur les diverses espèces de brouillard* (2), a pour auteur Peltier et tend à faire admettre que l'électricité est la cause principale de la formation du brouillard. Citons aussi Fromond qui, dans ses *Meteorologicorum libri*, édités à Anvers en 1627, s'occupe des brouillards épais qui règnent assez fréquemment dans les bruyères du Limbourg.

On voit que les travaux sur la question ne sont guère nombreux. De leur ensemble se dégage cependant une conclusion générale : c'est qu'en hiver, sur le continent et sur les parties de mer qui en sont rapprochées, le brouillard est un météore plutôt propre aux anticyclones.

Si nous joignons cette idée aux connaissances que nous possédons sur la nature du temps que provoquent les anticyclones, nous pourrons dire qu'en hiver ils peuvent donner lieu ou bien à un temps superbe avec température basse, ou bien au brouillard avec température relativement élevée et parfois de faibles pluies (3). Nous estimons que c'est là un point très important pour la science.

---

(1) MÉM. DE L'ACAD. DES SCIENCES DE BRUXELLES, 1827, pp. 371-407.

(2) MÉM. COUR. DE L'ACAD. DE BRUXELLES, 1842, t. XV.

(3) A. Lancaster a insisté sur cette idée depuis plus de quinze ans, dans différentes notices publiées dans l'ANNUAIRE DE L'OBSERVATOIRE ROYAL DE BELGIQUE.

Le fait que le nombre de travaux relatifs au sujet qui nous intéresse est relativement restreint, s'explique assez facilement quand on se rappelle qu'il est impossible de le traiter sous un point de vue général. Une étude sur les brouillards ne peut s'appliquer qu'à un territoire déterminé et peu vaste; car un des grands facteurs qui interviennent dans la production de ces phénomènes est fourni par des conditions locales propres à chaque contrée. Ce serait une chose illusoire que de vouloir formuler à ce sujet des règles générales. Au reste, beaucoup de météorologistes éminents ont abouti à cette conclusion, notamment Hugo Meyer (1), Paromensky (2), van Bebber (3), Cornelius (4), etc.

Si l'on examine la localisation des brouillards à la surface de l'Europe, on constate assez facilement l'existence de zones où ils se manifestent d'une manière particulièrement fréquente. Parmi ces dernières, celle qui nous intéresse le plus comprend le nord-ouest de la France, la Belgique, la Hollande, une partie de la mer du Nord, la Manche, le sud et le sud-est de l'Angleterre. On pourrait encore citer la Baltique, le nord de l'Allemagne, l'Adriatique, le golfe de Gascogne, les environs de Terre-Neuve, etc.

Il nous a semblé, après un examen assez sommaire,

---

(1) *Der Nebel in Deutschland insbesondere an den deutschen Küsten*. (ANN. DER HYDROGRAPHIE UND MARITIMEN METEOROLOGIE, 1888.)

(2) *Vertheilung der Nebel über der Ostsee nach Jahreszeiten*. (REPERTORIUM FÜR METEOROLOGIE, Bd. VIII.)

(3) *Das Wetter in den barometrischen Maxima*.

(4) *Meteorologie*, p. 277. Halle, 1863; in-8°.

que ces diverses zones présentent les particularités suivantes (1) :

1° Elles se trouvent sur la mer ou dans son voisinage.

2° La partie continentale qu'elles embrassent, dépourvue d'accidents de terrain très prononcés, est formée en général d'une plaine dont le niveau augmente insensiblement à mesure qu'on s'éloigne des côtes. Les falaises très élevées semblent constituer un obstacle à la propagation du brouillard (2). Ajoutons qu'Hugo Meyer a constaté, pour ce qui concerne l'Allemagne, que le phénomène devient moins fréquent à mesure qu'on pénètre plus avant à l'intérieur du continent. La direction du vent, certains remous ne sont pas sans exercer quelque influence sur la formation de ces zones.

Le refroidissement de l'air, cause première de la plupart des brouillards, se manifeste dans la nature sous différents aspects :

1° Dès que le soleil a disparu à l'horizon, l'air peut perdre par rayonnement une grande partie de son calorique et la baisse rapide de température qui en résulte peut, par temps calme, donner lieu à la formation d'un brouillard. Le calme de l'air est ici d'une grande importance, comme le prouve du reste ce qui se passe dans les vallées à la fin de certaines journées chaudes. On y voit des brouillards se former sur place à la faveur du rayonnement et de l'absence de circulation d'air.

---

(1) Il va de soi que ces caractères ne peuvent s'appliquer aux brouillards purement locaux qui se forment sur place dans certaines régions montagneuses.

(2) D'après J.-H. Gladstone, ces accidents de terrain refoulent les vents chargés d'humidité. (*On fogs and fog-signals*, METEOR. MAGAZINE, vol. XVIII, n° CCVI.)

2° La vapeur d'eau provenant de l'évaporation d'un sol humide ou d'une nappe liquide, peut monter pendant un temps plus ou moins long, rencontrer une couche d'air à température plus basse et s'y précipiter. Tels sont, de l'avis de beaucoup de physiciens, les brouillards qui naissent au-dessus du Gulf Stream, ainsi que beaucoup de brouillards d'été. Pour ce cas, l'intensité du brouillard est en raison directe de la différence de température qui existe entre l'air ambiant et la masse évaporante. Le maximum d'intensité de ces brouillards correspond généralement avec le minimum de température, qui se présente ordinairement vers le lever du soleil. L'explication du mode de formation de ces brouillards, en quelque sorte ascensionnels, est mise en doute par Köppen, qui nie l'existence d'un courant ascendant et assigne un rôle bien plus important à la pesanteur. Il dit, à ce propos : « Ein wichtige Rolle bei der Bildung der Bodennebel spielt aber ausserdem die Schwere. Bei der Abwesenheit aufsteigender Luftströme und der grosse Ruhe der Atmosphäre überhaupt sinken die Wassertropchen langsam abwärts, worauf der gebildete Nebel in sich zusammensinkt, bis neue Kondensation erfolgt (1). »

3° La vapeur d'eau formée sur la mer ou dans des régions chaudes et humides peut être transportée dans une contrée plus froide et y subir une précipitation plus ou moins complète. Il est permis de croire que c'est là le mode de formation des brouillards épais qui, en hiver et à la fin de l'automne, couvrent quelquefois nos contrées, puisqu'ils apparaissent de préférence par vent

---

(1) *Die Bildung von Bodennebel.* (Met. Zeitschr., 1885, p. 30.)

d'ouest ou de sud-ouest. L'air que ces courants charrient, particulièrement riche en vapeur d'eau et à une température relativement élevée, s'étalant sur des masses continentales refroidies par rayonnement, se refroidira donc à son tour à son arrivée sur le continent, et une partie de sa vapeur deviendra visible sous forme d'un brouillard qu'on peut désigner sous le nom de brouillard de contact. Cette hypothèse est admise par différents savants, notamment par Krecke (1), Kaemtz (2), Mohn (3), Cornelius (4), Hann (5), Clayton (6), etc.

Un phénomène à peu près identique se produit en hiver quand un vent d'est, de nord-est ou de sud-est transporte sur nos contrées de l'air sec, refroidi par son contact avec les masses continentales. Ces courants venant se mélanger avec un air plus chaud et humide détermineront la formation de brouillards que nous appellerons brouillards par mélange.

Ces deux dernières explications sont tout à fait conformes à ce que nous a montré la marche de la température au moment de l'apparition du brouillard. Lors de la formation des brouillards de contact, la température subit une hausse lente mais continue, tandis que lors de l'apparition des brouillards par mélange, le thermomètre éprouve une baisse très rapide (7).

---

(1) *Het klimaat van Nederland.* Haarlem, 1863-1864; 2 vol. in-8°

(2) *Cours complet de météorologie,* traduit et annoté par Ch. Martins. Paris, 1858, in-12.

(3) *Grundzüge der Meteorologie.* Berlin, 1898; in-8°.

(4) *Meteorologie.*

(5) *Handbuch der Klimatologie.*

(6) *Discussion of the cloud observations.* (ANNALS OF THE ASTRON. OBSERV. OF HARVARD COLLEGE, vol. XXX, part IV.)

(7) Rappelons ici que von Bezold a démontré que la condensation se réalise plus vite quand un courant d'air froid et humide pénètre

Outre la marche de la température, il y a encore un autre caractère qui différencie les brouillards par mélange et les brouillards de contact. Les premiers sont accompagnés d'un vent extrêmement faible, tandis que pendant les autres l'air peut conserver une agitation notable.

Situations a brouillard.

I. — *Brouillards d'été.*

Durant l'été, le brouillard n'apparaît qu'exceptionnellement en nos contrées. Localisé sur une partie de territoire très limitée, il n'a jamais qu'une durée éphémère. Il est fort difficile de rattacher sa formation à une situation atmosphérique quelconque, et il serait téméraire de formuler à ce sujet l'une ou l'autre conclusion. Les cas que nous avons étudiés nous ont pourtant montré qu'en été le brouillard se manifeste ordinairement quand une dépression peu profonde (ne provoquant par conséquent pas de vents forts) s'étend sur notre pays (carte VII). Il apparaît encore fréquemment lors de l'existence de petits mouvements secondaires dans le voisinage de nos régions. Somme toute, outre leur courte durée, le seul caractère important qui distingue les brouillards d'été est de ne pas constituer, comme en hiver ou en automne, l'apanage presque exclusif des anticyclones.

---

dans une masse d'air plus chaud que quand un courant d'air chaud et humide pénètre dans un air plus froid. (*On the thermo-dynamics of the atmosphere,* résumé dans Smithsonian Miscellaneous Collections.)

II. — *Brouillards d'automne et d'hiver* (1).

En ces saisons, le brouillard accompagne ordinairement les anticyclones. Les situations qui l'amènent peuvent, dans la plupart des cas, être rattachées à l'un des types suivants :

Type I (carte I). — Un vaste anticyclone à noyau situé au large des îles Britanniques couvre la partie occidentale ou le sud-ouest de l'Europe. Son influence se manifeste jusque sur le centre du continent. D'autre part, on observe une zone de basses pressions couvrant le nord, le nord-est, l'est ou le sud-est. Les isobares ont la forme de courbes à convexité tournée vers l'est. Cette distribution de la pression provoque en nos contrées des vents faibles et de directions assez variées. Le brouillard apparaît avec le plus de fréquence quand le vent est d'origine marine et, dans ce cas, il n'est pas rare de le voir accompagné de bruine.

Cette situation peut aussi donner lieu à un brouillard par vent d'E. à NE. (par mélange); alors l'influence prépondérante de la faiblesse du vent se remarque avec netteté. Il suffit d'examiner à cet égard la carte II. La situation indiquée par cette carte offre beaucoup de ressemblance avec celle décrite ci-dessus; néanmoins le ciel est partout serein ou nuageux et aucune station ne renseigne du brouillard. Cette anomalie recevra facilement son explication si l'on examine attentivement la distribution de la pression. On remarque en effet que les basses pressions de l'est ou du sud sont plus rapprochées de

(1) Depuis octobre jusqu'en avril.

nos contrées, les isobares plus serrées et les vents plus violents. Cette dernière circonstance constitue le principal obstacle à l'apparition du brouillard, car l'atmosphère, sans cesse balayée, ne peut déposer sa vapeur d'eau. En outre, les abaissements brusques de température ne se produiront plus. Il manque donc ici deux facteurs propres à faciliter la formation du brouillard.

Le type de situation anticyclonique que nous venons de décrire se modifie ordinairement de la manière suivante : l'anticyclone se déplace vers le nord-est ou vers l'est et une dépression s'établit sur le sud ou sur le sud-ouest (carte V). Nous tombons alors dans une des situations types définies par van Bebber (1), et nous avons déjà eu l'occasion de faire remarquer (2) qu'en hiver elle est ordinairement caractérisée, chez nous, par des brouillards intenses, principalement quand la position du centre de l'anticyclone est au nord de nos contrées ou au nord-est. Disons aussi qu'une telle situation est parfois accompagnée de faibles brouillards en été.

Type II. — Des deux trajectoires suivant lesquelles un anticyclone venu de l'ouest se déplace ordinairement, celle dirigée vers l'est est la plus fréquemment suivie. La situation qui résulte de ce mouvement est, d'après van Bebber, celle qui offre le plus d'importance au point de vue qui nous occupe. Elle se distingue par l'existence d'un vaste anticyclone sur l'Europe continentale, avec maximum ordinairement sur le centre du continent.

---

(1) *Wissenschaftliche Grundlage einer Wettervorhersage auf mehrere Tage vorhaus.*

(2) Ciel et Terre, 16 février 1900.

Cette immense crête est entourée de toutes parts de dépressions (carte VI).

Nous pouvons affirmer, sans être taxé d'exagération, que, pour ce qui concerne nos régions, cette situation est en quelque sorte le prototype de la situation à brouillard. Pendant la période 1896-1900, elle a été fréquemment accompagnée de périodes brumeuses assez longues. Ajoutons qu'elle présente au plus haut degré la stabilité des anticyclones.

Type a couloir. — Comme on sait, Teisserenc de Bort désigne sous ce nom une distribution de pression présentant les caractères suivants : des pressions élevées couvrent l'océan Atlantique et la Russie; entre ces deux crêtes existe une espèce de couloir de basses pressions réparties assez uniformément et où naissent fréquemment des mouvements secondaires.

Cette situation ne nous a paru présenter guère d'importance pour la question qui nous occupe. Tout au plus pourrait-on affirmer qu'elle est parfois accompagnée de brouillards locaux de courte durée, notamment à la fin de l'automne.

Type III. — Il convient de rattacher au type à couloir la situation suivante, qui présente beaucoup d'importance. Son caractère essentiel est l'existence d'un couloir étroit, sorte de détroit sur le sud ou le centre de l'Europe. Ce couloir, formé de pressions relativement basses, est bordé de deux anticyclones, dont l'un occupe le sud-ouest et l'autre le sud ou l'est de l'Europe (carte III). Une vaste dépression couvre l'Europe septentrionale et s'étend jusque sur le nord de l'Allemagne. Nos contrées se trouvent ainsi placées entre la crête du sud-ouest et la

dépression septentrionale. Il en résulte ordinairement un vent faible d'entre W. et SW. Disons que cette situation entraîne très souvent la production de brouillard (1). Tant que nous occupons la limite ou l'intérieur d'une des crêtes, le brouillard se manifeste fréquemment. Mais cette répartition de la pression représente un état d'équilibre très instable, et il suffira d'un léger recul de la crête vers le sud pour que nous tombions dans la zone d'action de la dépression du nord ; et, par le fait même, tous les phénomènes météorologiques prendront un aspect nouveau. La force du vent, notamment, augmentera, et cette seule circonstance suffira souvent pour enrayer toute formation de brouillard. On peut donc dire à priori que les brouillards qui accompagnent cette situation sont en général de courte durée. C'est ce qui arrive habituellement, et, de plus, l'observation montre qu'ils ne s'étendent d'ordinaire que sur une portion assez limitée de territoire.

Voyons maintenant comment le brouillard se comporte quand la partie postérieure d'un anticyclone (carte IV), se déplaçant vers l'est, couvre nos régions.

Les vents qu'on observe chez nous à l'arrière d'un anticyclone varient généralement entre le sud-est et le sud-ouest. Nous savons que c'est une condition favorable à la formation du brouillard. Cependant on constate que le phénomène ne s'y produit pas régulièrement. De plus, il ne dure généralement pas longtemps. Ce fait peut recevoir l'explication suivante : le déplacement de l'anticyclone vers l'est coïncide avec l'apparition d'une dépression sur l'ouest, le sud-ouest ou le sud. Dans cette

(1) L'idée de van Bebber énoncée plus haut (p. 159) se confirme donc pleinement pour ce cas.

partie de l'anticyclone, les conditions météorologiques présenteront, par le fait même, peu de constance. A mesure que la dépression se rapprochera, le vent gagnera en force, entraînant ainsi tous les facteurs de nature à hâter la disparition du brouillard. En somme, dans nos régions le brouillard sera de courte durée ; dans l'arrière-partie d'un anticyclone, il correspond alors à une période transitoire entre le régime anticyclonique en voie de disparition et l'arrivée d'une dépression.

Nous terminons ici ce qui est relatif aux brouillards anticycloniques de l'hiver et de l'automne. Disons maintenant quelques mots au sujet de certaines situations cycloniques qui donnent exceptionnellement naissance au brouillard pendant ces saisons. Elles ressemblent beaucoup aux situations qui accompagnent les brouillards d'été (carte VIII). En général, les dépressions à brouillard sont peu profondes et ne comportent que des vents faibles (1). Le brouillard se manifeste avec le plus de fréquence dans nos contrées quand celles-ci sont comprises dans la partie septentrionale du tourbillon, le centre étant sur la France ou sur l'Allemagne. Le vent est donc au N. ou au NE. Comme en été, les brouillards cycloniques sont, en hiver et en automne, de courte durée.

Avant de terminer ce court exposé, résumons en quelques principes généraux les résultats de nos recherches.

---

(1) Cette particularité nous semble être propre aux régions continentales, car aux îles Britanniques on a observé assez souvent des brouillards cycloniques par vent fort de S. à WSW. (R. Scott, *Fogs reported with strong winds during the 15 years 1876-1890,* dans Quart. Journ. of the Meteorol. Society of London, vol. XX, 1894, p. 253). L'auteur ne donne pas de détails sur la nature de ces brouillards ni sur leur degré d'humidité.

1) En hiver et en automne, le brouillard se présente principalement dans les situations anticycloniques.

2) Les brouillards d'été s'écartent de cette règle et se forment plutôt lors de la présence de dépressions peu profondes ou secondaires, principalement quand le centre de celles-ci occupe la France. Ils sont en général le résultat d'une évaporation rapide, s'exerçant sur un sol humide et plus chaud que l'air ambiant.

3) Certaines situations cycloniques caractérisées par un faible gradient peuvent parfois accompagner le brouillard en hiver ou en automne. Ces situations sont identiques à celles qui accompagnent les brouillards d'été, du moins pour ce qui concerne la distribution de la pression.

4) L'idée de van Bebber, d'après laquelle le brouillard se produit plus fréquemment sur la limite qui sépare les dépressions des aires de haute pression, se vérifie pour nos contrées.

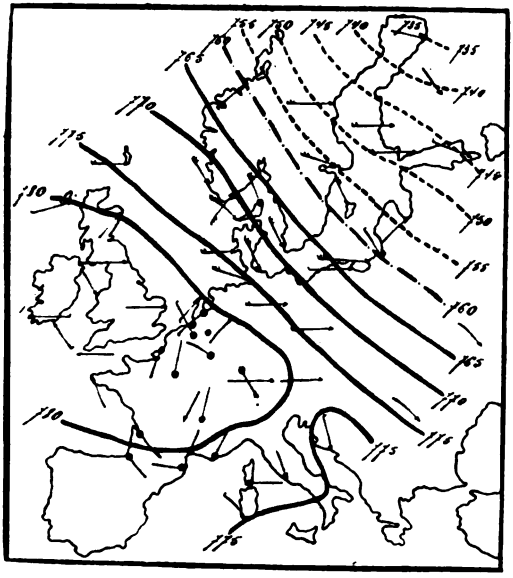
5) En hiver, les brouillards naissent dans toutes les parties des anticyclones, mais moins fréquemment dans la partie située en arrière, lorsqu'ils se déplacent de l'ouest vers l'est. Dans ce dernier cas, leur durée est plus courte.

6) L'apparition du brouillard est influencée par des conditions d'ordre purement local, telles que la disposition du terrain, le voisinage de la mer, etc. Les accidents de terrain très prononcés semblent former un obstacle à la propagation du phénomène.

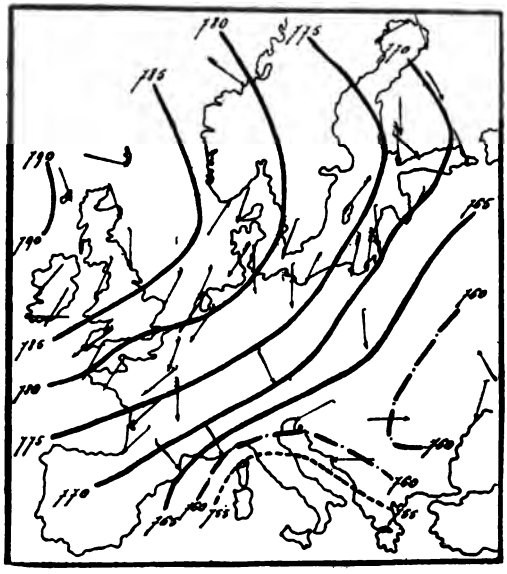
7) Le calme de l'air est en général une condition indispensable pour la formation du brouillard.

8) Dans la plupart des cas, une baisse thermométrique assez rapide précède le météore. Parfois, au contraire, une hausse l'accompagne. Les brouillards d'été sont toujours précédés d'une chute de température.

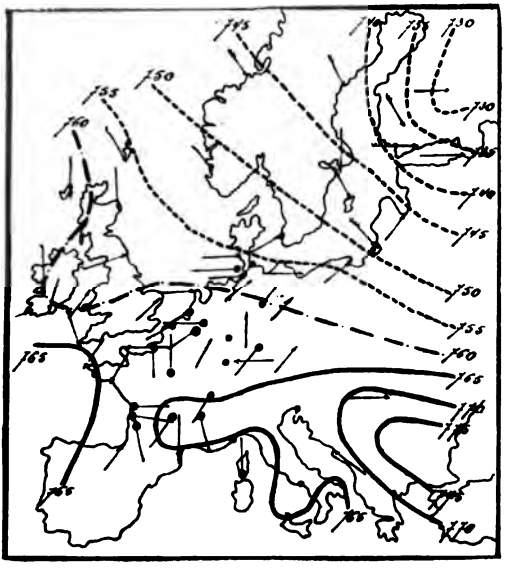
—



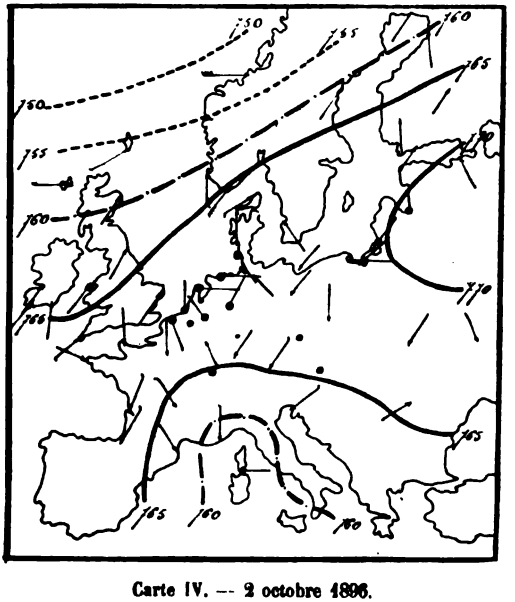
Carte I. — 31 janvier 1896.



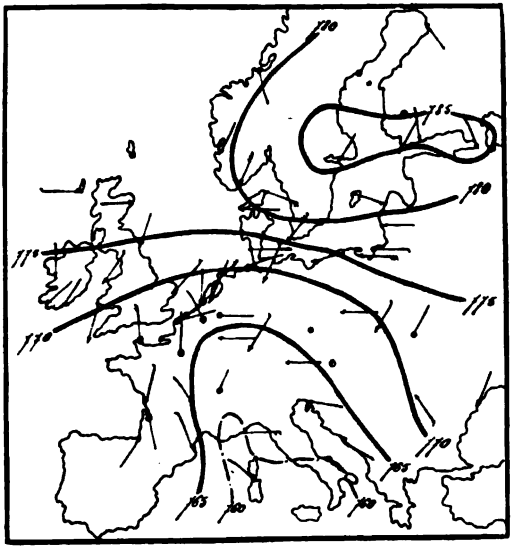
Carte II. — 9 janvier 1896.



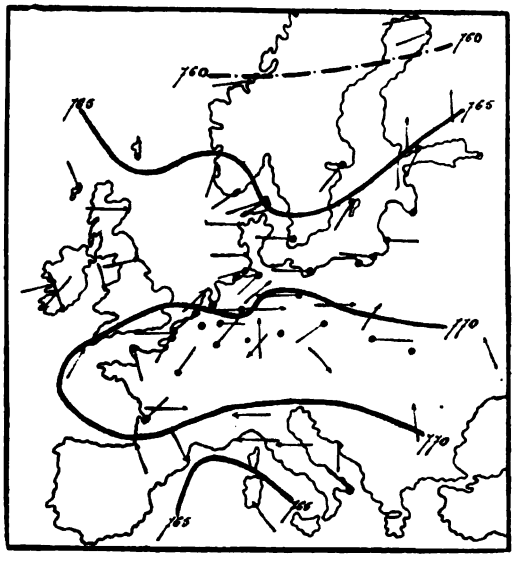
Carte III. — 7 novembre 1896.



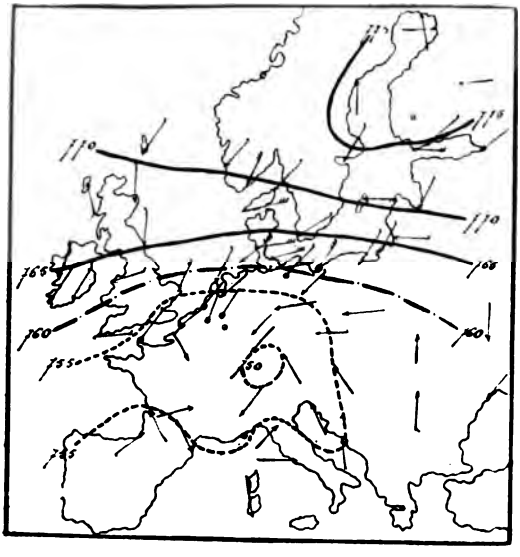
Carte IV. — 2 octobre 1896.



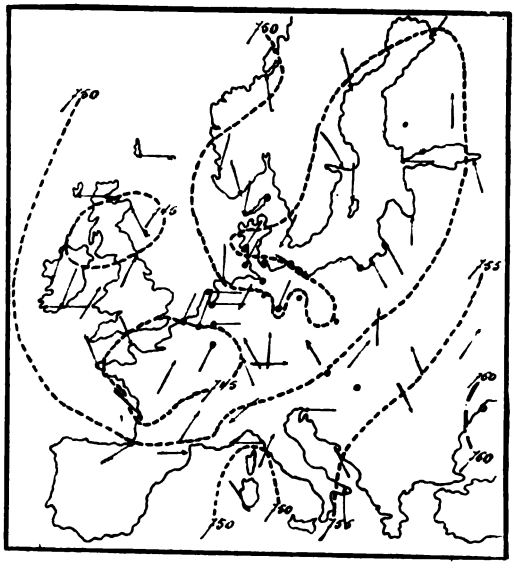
Carte V. — 14 octobre 1896.



Carte VI. — 15 novembre 1898.



Carte VII. — 20 mai 1898.



Carte VIII. — 31 janvier 1897.

Influence de la température sur la perméabilité du protoplasme vivant pour l'eau et les substances dissoutes; par Fr. Van Rysselberghe, docteur en sciences naturelles.

INTRODUCTION.

Jusqu'à la publication du travail de Krabbe (1), lequel constitue l'unique étude spéciale concernant l'influence de la température sur la perméabilité du protoplasme vivant, nos connaissances sur cette question se réduisaient presque exclusivement à quelques faits éparpillés dans la littérature botanique et acquis plutôt comme résultats accessoires d'expériences sur l'absorption d'eau par les racines, la transpiration, les « pleurs » des végétaux, autant de phénomènes dans lesquels la pression osmotique intervient comme facteur essentiel.

Depuis les recherches de Sachs, il était connu que l'absorption d'eau par les poils radicaux est favorisée ou déprimée, suivant que la température du sol augmente ou diminue ; que le Tabac et la Courge, par exemple (p. 123), se fanent lorsque leurs parties souterraines se trouvent refroidies à + 2° à + 4° C., tandis qu'ils redeviennent turgescents après réchauffement de la terre.

Les racines des plantes cultivées dans l'eau absorbent aussi une quantité de liquide d'autant plus grande que le milieu est plus chaud. C'est ce qui résulte des expériences

(1) Pour la bibliographie, voir la fin du travail.

de Vesque (pp. 189, 194) qui opéra même à 0° sans que l'absorption d'eau devînt nulle. Kohl (p. 113) et Eberdt (p. 42) arrivèrent à des résultats analogues.

A — 5°, Dixon et Joly (p. 116) aperçurent encore un mouvement continuel d'eau dans les trachées de quelques plantes, ce qui doit faire admettre que, même à cette température, la faculté d'absorption des racines n'est pas annihilée. Est-il dès lors rationnel d'admettre l'opinion exprimée par certains botanistes, tels que Schwendener (p. 945) et Wieler (p. 63), d'après laquelle toute absorption d'eau cesserait à 0°?

Les expériences de Kosaroff, d'après lesquelles les racines de *Pisum sativum* et de *Phaseolus multiflorus* soustraient encore une quantité notable d'eau à un milieu qui se trouve à 0° (p. 14), et celles de *Chrysanthemum Indicum* et de *Sinapis alba*, à un sol congelé dont la température descend de plusieurs degrés sous 0 (pp. 23, 25), démontrent aussi que cette opinion n'est pas fondée.

La quantité d'eau absorbée aux températures basses est, certes, de beaucoup inférieure à ce qu'elle est dans les conditions ordinaires. Elle peut être très réduite, même assez faible pour ne plus suffire aux besoins du végétal. C'est ce que montrent déjà les plus anciennes observations relatives au sujet qui nous occupe : celles de Birklander (voir Göppert, p. 124), datant de 1778, et celles de Hardy (cité dans Kosaroff, p. 8), faites cinquante années plus tard. Ces deux auteurs citent une série de plantes qui périssent, faute d'eau, quand la température du sol descend à 1° à 2° au-dessous de 0.

De ces faits se rapprochent les expériences de Kihlman (p. 89) qui, dans le but de trouver une explication

de certaines particularités offertes par la flore des Tundras, refroidit les racines de la plantule de *Cucurbita pepo* à 0°, tandis que les parties aériennes reçurent les rayons directs du soleil. Après quelques heures, le bourgeon fut totalement fané. Au contraire, dans une expérience de contrôle où les racines se trouvaient à une température plus élevée, la plantule conserva toute sa turgescence. L'exemplaire fané reprit sa fraîcheur après arrosage du sol avec de l'eau à 14° à 25°.

C'est souvent à une cause semblable qu'est dû, en hiver, le dépérissement de certains végétaux qui ne peuvent prendre, au sol congelé, assez d'eau pour compenser la déperdition subie par la transpiration des parties aériennes. Aussi les plantes des contrées polaires, malgré la grande richesse du sol en eau liquide, présentent-elles fréquemment des particularités de structure propres à les protéger contre une trop forte transpiration (Kihlman, p. 104; Stenström, p. 153).

De même que pour l'osmose, la température agit aussi sur les phénomènes d'imbibition. Dimitrievicz (Pfeffer, 1897, p. 212) a constaté, en effet, que le gonflement de graines dans l'eau se produit d'autant plus lentement que celle-ci est plus froide.

Si l'absorption d'eau par les cellules dépend de la température, il en est de même de la déperdition de liquide qu'elles subissent par la transpiration. Et ce n'est pas là une conséquence des lois du phénomène purement physique de l'évaporation. Burgerstein (voir Pfeffer, 1897, p. 228) constata, en effet, une transpiration encore notable chez des branches de *Taxus baccata* tenues à

— 10°,7, et Wiesmer, de même que Pacher (ibid.), sur des rameaux dépourvus de feuilles de Marronnier, maintenus à une température variant entre 0° et — 13°.

La persistance de la transpiration durant l'hiver fut mise en évidence, notamment par Hales (p. 29) et Duhamel (I, p. 337), sur des sujets toujours verts.

Le fait que des feuilles se développent sur des rameaux qui se trouvent, l'hiver, dans une serre, tandis que le reste de la plante séjourne à l'air libre, démontre, une fois de plus, que malgré une température basse du sol, une assez forte quantité d'eau est puisée par les racines et est capable d'être conduite à travers toute la tige. C'est là une expérience qui a été faite à diverses reprises, entre autres par Knight et Treviranus (p. 120) sur la Vigne, par Senebier (IV, p. 124) sur le Rosier, par de Candolle (I, p. 426) et Mustel (cité dans de Candolle, ibid.) sur plusieurs autres plantes.

On a méconnu l'influence de la température sur les « pleurs » du bois jusqu'à l'époque où Hofmeister et Baranetzky démontrèrent qu'il existe bien, entre l'agent extérieur et l'intensité du phénomène, un rapport certain. Beaucoup de plantes « pleurent » à 0° (Pfeffer, 1897, p. 245). D'après Wieler cependant (p. 59), *Ricinus communis* ne présente pas le phénomène de la guttation à une température inférieure à + 5°, tandis que chez *Juglans* la poussée radiculaire se manifeste à 0° (p. 57), chez *Vitis vinifera* à 0 à + 1° (p. 58); chez *Acer platanoides* elle ne se produirait qu'exceptionnellemen à + 5° (p. 59). Hofmeister vit le phénomène se continuer chez la Vigne à — 1° à + 3°,5, Nördlinger, chez l'Érable

pendant tout un hiver, Schröder, chez le Bouleau à 1° à 3° et chez l'Érable à — 10°,7.

Cucurbita pepo, suivant Detmer (1874, 1887), ne « pleure » pas lorsque la température est inférieure à 7° à 9° ou supérieure à 43°. Le phénomène ne se manifesterait plus à 31° à 32° chez *Begonia incarnata.* Le même auteur constata un accroissement notable dans le volume de liquide émis par *Prostranthera* lorsque la température du sol, qui était d'abord de 21°,5, s'accrut de 2°,5. Un nouvel accroissement de la température de 5°,3 fut encore accompagné d'une augmentation dans la quantité de liquide mis en liberté. Brosig mentionne des observations analogues faites sur *Achyranthes Verschaffeltii.*

Quelques travaux traitant plus spécialement d'osmose et de perméabilité contiennent certaines données assez vagues relatives à l'influence de la température sur le passage, au travers du protoplasme, de l'eau et des substances dissoutes.

Pfeffer, dans son travail sur la perméabilité du protoplasme pour certaines couleurs d'aniline, relate des expériences (p. 283) prouvant que chez *Spirogyra* et les cellules des racines de *Lemna,* d'*Azolla* et de *Trianea,* le bleu de méthylène met beaucoup plus de temps à s'accumuler dans le suc à 0° qu'à la température ordinaire et qu'à 43° la pénétration est notablement accélérée.

Janse (p. 370) constata, sur les cellules de *Spirogyra* notamment, que la plasmolyse se produit d'autant plus rapidement que la température des solutions plasmolysantes est plus haute et (p. 367) que l'élévation de la température de la solution a aussi pour effet d'accélérer la disparition de la plasmolyse, donc la pénétration dans

la cellule des substances dissoutes. Nous avons, dans notre travail sur la *réaction osmotique des cellules*, relaté des observations analogues faites sur les cellules épidermiques de la feuille de *Tradescantia discolor* (1888, p. 9; 1899, p. 62).

Le raccourcissement de cylindres découpés dans la moelle d'*Helianthus* et de *Sambucus* se produit aussi d'autant plus rapidement dans des solutions plasmolysantes que celles-ci sont plus chaudes (Kolkwitz, p. 10).

Là se bornaient, à peu de chose près, nos connaissances relatives à l'influence de la température sur la perméabilité du protoplasme vivant, lorsque parut le travail de Krabbe. Dans une première partie de son mémoire, l'auteur rapporte les résultats fournis par des expériences concernant la perméabilité du protoplasme pour l'eau. Il opéra sur la moelle d'*Helianthus annuus*, ainsi que sur des racines de *Vicia Faba* et de *Phaseolus multiflorus* et constata que le raccourcissement de ces matériaux dans des solutions plasmolysantes de saccharose, de même que leur allongement dans l'eau, était cinq à huit fois plus rapide lorsque ces milieux avaient une température de 20° à 25° que s'ils étaient refroidis entre 0° et + 5°.

Dans une deuxième partie de son travail, l'auteur s'occupe de la cause de cette différence de perméabilité du protoplasme pour l'eau à différentes températures et, à la suite de considérations purement théoriques, il arrive à attribuer au protoplasme la propriété de changer, suivant la température, la grandeur de ses mailles, de façon à faciliter ou à entraver le passage du liquide. Les substances dissoutes ne passeraient au travers du protoplasme qu'à partir d'une température supérieure à + 5° (p. 483).

Dans une troisième et dernière partie du mémoire, Krabbe étudie l'influence qu'exerce la constitution physique du protoplasme, variable avec la température, sur la valeur du pouvoir osmotique cellulaire. Pour l'auteur, la force de filtration et la force osmotique doivent posséder, dans chaque cas, une valeur minimum pour pouvoir mettre en mouvement l'eau qui se trouve à l'état de repos dans les interstices du protoplasme (p. 488), pour vaincre la résistance qu'opposent à ce mouvement les mailles protoplasmiques. Là où ce minimum n'est pas atteint, il n'y aurait pas de mouvement d'eau. Là aussi, le pouvoir osmotique cellulaire n'atteindrait pas sa valeur maximum : il resterait d'autant plus en dessous de celle-ci qu'il y a plus de résistance à vaincre lors d'un mouvement unilatéral d'eau. Deux cellules d'un même volume vacuolaire, avec un suc cellulaire identique, tant au point de vue qualitatif qu'au point de vue quantitatif, pourraient, dès lors, posséder des pouvoirs osmotiques différents (p. 489) par suite de l'obstacle inégal opposé par leurs mailles protoplasmiques. Ces considérations sont appuyées d'une expérience dont le résultat, suivant l'auteur, serait tout en faveur de sa théorie. Nous en parlerons en temps et lieu.

Vu l'importance du sujet, nous avons, sur le conseil de M. le professeur Pfeffer, et dans son Institut de Leipzig, cherché à élucider les questions suivantes :

Dans quelle mesure varie, suivant la température, la perméabilité du protoplasme pour l'eau et quelle est l'allure générale du phénomène?

Jusqu'à quel degré la perméabilité du protoplasme pour les substances dissoutes est-elle sous la dépendance de la température et ne se manifeste-t-elle effectivement

pas aux températures inférieures à + 5°, comme Krabbe l'admet?

Les variations de la perméabilité, d'après la température, ne peuvent-elles s'interpréter que par une intervention physiologique du protoplasme vivant ou sont-elles explicables par des facteurs purement physiques?

L'expérience confirme-t-elle l'idée de Krabbe d'après laquelle un minimum de filtration ou de force osmotique serait nécessaire pour amener un courant d'eau au travers du protoplasme, ou bien démontre-t-elle que dans le protoplasme, tout comme dans une membrane précipitée de ferrocyanure de cuivre, « es keine Grenze des Filtrationswiderstandes giebt » (Pfeffer, 1877, p. 71)?

Le pouvoir osmotique cellulaire, abstraction faite de l'influence de la température sur la pression des solutions, diffère-t-il, aux températures ordinaires, de ce qu'il est à 0°, température où, d'après Krabbe, la résistance à la filtration atteint son maximum?

CHAPITRE PREMIER.

Perméabilité du protoplasme vivant à différentes températures.

§ 1. — Perméabilité pour l'eau.

Dans ces premières recherches, nous nous sommes servi de quatre méthodes qui consistent à :

A. — Comparer, aux différentes températures, le raccourcissement que subit un tissu dans des solutions plasmolysantes.

B. — Déterminer, au contraire, l'allongement d'un tissu plasmolysé, par suite de l'absorption d'eau portée aux températures voulues.

C. — Observer, sur les cellules mêmes, la rapidité de la sortie de l'eau en les soumettant à la plasmolyse.

D. — Évaluer la rapidité avec laquelle l'eau pénètre dans ces mêmes cellules plasmolysées.

A. — *Méthode du raccourcissement d'un tissu dans une solution plasmolysante.*

Pour les deux premières séries d'expériences, nous nous servions de moelle de *Sambucus nigra* prise à des rameaux jeunes d'un développement aussi uniforme que possible, et toujours sur le même sujet. Elle fut dépourvue de toute trace de bois et l'on évita avec soin de lui occasionner aucune entaille.

La moelle ainsi préparée subit, par le fait d'avoir été libérée de la tension des tissus externes, un allongement d'environ 6 millimètres par décimètre, soit de 6 %. Elle fut alors coupée en morceaux de 100 millimètres de long.

Quant aux températures, nous disposions tout d'abord d'une chambre à température constante de 16°. Pour les températures plus élevées (20°, 25° et 30°), nous expérimentions dans une pièce aménagée de telle façon que la température y varie à certains niveaux, mais reste, dans chaque couche d'air, parfaitement constante. Une serre attenant à une chambre chauffée nous donnait une température constante de 12° et dans une autre, située dans un sous-sol et exposée au nord, régnait une température de 6°, laquelle restait souvent constante pendant plusieurs jours. La température 0° était obtenue au moyen de glace fondante entourant le récipient qui contenait l'eau ou la solution, le tout étant placé dans un

grand bac dans lequel se trouvaient entassés du foin et de la sciure de bois et qui était recouvert de paillassons.

L'eau ou les solutions, avant de recevoir les morceaux de moelle, avaient eu le temps de prendre la température de l'endroit où devait se pratiquer l'expérience. Les solutions étaient employées en volumes d'un litre au moins, afin que la très légère dilution résultant de la sortie d'eau des cellules ne pût modifier la concentration d'une façon appréciable.

Afin de donner aux tissus à plasmolyser leur maximum de turgescence, les cylindres de 100 millimètres de long sont d'abord portés dans de l'eau d'une température constante de 18°, où ils séjournent pendant six heures. La moelle s'y allonge et les morceaux acquièrent de la sorte une longueur presque uniforme de 114 millimètres, la plus forte différence en plus ou en moins n'excédant pas $2^{mm},5$. Nous choisissons, pour l'expérience, des cylindres de moelle mesurant tous rigoureusement 114 millimètres. Chacun d'eux est divisé, longitudinalement, en deux moitiés aussi semblables que possible. L'une des moitiés est portée dans la solution à la température dont on veut étudier l'effet sur la perméabilité, l'autre toujours dans un milieu à 0°, afin de s'assurer jusqu'à quel point le matériel donne des résultats comparables. Nous choisissions la température de 0° comme terme de comparaison, parce que nous l'obtenions très constante.

La solution plasmolysante était de saccharose. Elle possédait une concentration de 25 %, soit de 0,731 mole (1)

---

(1) C'est ainsi que M. le professeur Errera (1900, pp. 8 et suiv.) a traduit l'expression « Mol » employée par Ostwald, Nernst et d'autres, pour désigner le nombre de grammes d'une substance égal à son poids moléculaire.

par litre, et exerçait, à 18°, une pression de 1769,84 $\overset{\tau}{M}$ (1). Les cellules de la moelle de *Sambucus* avaient un suc cellulaire isotonique avec une solution de saccharose d'une concentration de 0,282 mole par litre, ce qui, à 18°, correspond à une pression de 682,76 $\overset{\tau}{M}$.

Par intervalles, et chaque fois au même moment pour les deux moitiés provenant d'un même cylindre, on mesure les longueurs acquises, en ayant soin de pratiquer l'opération dans les milieux mêmes. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant qui fournit, chaque fois, les données de deux recherches parallèles faites au moyen des deux moitiés d'un même cylindre de moelle. Les nombres expriment, en millimètres, les raccourcissements présentés par les tissus à partir du début de l'expérience, après les temps indiqués dans la première colonne. Comme il s'agit de diminutions de longueur, ces nombres sont précédés du signe —.

---

(1) $\overset{\tau}{M}$ signifie : *myriotonie*. C'est une unité rationnelle de pression osmotique, équivalente à la myriadyne, valant approximativement 0,01 d'atmosphère et que M. le professeur Errera (1901, p. 141; voir aussi : Van Rysselberghe, 1899, p. 32, note 2) a proposé d'adopter pour toutes les recherches physiologiques d'osmose, à la suite de nos études sur la « réaction osmotique des cellules végétales » où nous nous servions d'une unité très petite de pression : l'*isotonie*, que nous représentions par *is*, exercée par une solution d'une concentration de 0,001 mole KNO^3 par litre et qui équivaut sensiblement à 0,05 d'atmosphère, c'est-à-dire approximativement à 5 $\overset{\tau}{M}$. (V. R., 1899, pp. 32 et suiv.)

Pour le calcul de la pression, voir Errera, 1901, p. 147.

Le nombre de $\overset{\tau}{M}$ divisé par 100 donne la pression en atmosphères. (Ibid., p. id.)

	0°	6°	0°	12°	0°	16°	0°	20°	0°	25°	0°	30°
2 heures	- 4,5	- 8,5	- 5,0	- 20,0	- 5,0	- 33,0	- 5,5	- 40,5	- 5,5	- 41,5	- 5,0	- 40,0
4 heures	- 7,5	- 13,5	- 8,0	- 25,0	- 8,0	- 38,0	- 8,0	- 42,0	- 8,5	id.	- 8,0	- 41,0
6 heures	- 10,0	- 17,0	- 10,5	- 28,0	- 10,0	- 42,0	- 10,5	id.	- 10,0	id.	- 10,0	id.
8 heures	- 12,5	- 20,0	- 13,0	- 30,0	- 12,5	id.	- 12,0	id.	- 13,0	id.	- 12,5	id.
10 heures	- 14,0	- 21,5	- 14,0	- 31,5	- 14,0	id.	- 13,5	id.	- 14,5	id.	- 14,0	id.
24 heures	- 21,0	- 31,0	- 21,5	- 40,0	- 21,0	id.	- 22,0	id.	- 22,5	id.	- 21,0	id.

Avant de déduire une conclusion de ce tableau, il est utile de nous assurer si les résultats ne sont entachés d'aucune cause d'erreur. Il est certain que, pour toutes les expériences, les conditions étaient identiques, sauf la température : même longueur initiale des morceaux de moelle, même turgescence, même substance dissoute, même concentration de milieu. Et les résultats si concordants obtenus partout à 0° montrent que les différents morceaux de moelle étaient bien comparables entre eux. Tout au plus, les deux moitiés employées dans chaque recherche particulière pouvaient-elles différer très légèrement par l'épaisseur, mais il ne pouvait en résulter d'erreur sensible.

Les dimensions transversales des demi-cylindres ne subirent, lors de la contraction, aucun changement appréciable. Il en résulte que les rapports entre les vitesses de passage de l'eau peuvent s'exprimer par ceux existant entre les longueurs seules des tissus.

Nous avons choisi la saccharose comme substance plasmolysante, parce qu'elle pénètre très difficilement au travers du protoplasme, même aux températures les plus élevées auxquelles nous avons expérimenté, condition indispensable pour ne pas altérer la valeur du pouvoir osmotique cellulaire par toute cause étrangère à la plasmolyse même. Quant à l'accroissement du pouvoir osmotique suivant la température, d'après la loi de Van 't Hoff, il a lieu aussi bien pour le suc cellulaire que pour les milieux. S'il y a, en plus, une élévation du pouvoir osmotique cellulaire par suite de l'adaptation des cellules aux solutions (V. R. 1899, p. 37 et suiv.), elle acquiert certainement, pendant le laps de temps qui compte réellement dans l'expérience et relativement à la forte pression

que possède la solution plasmolysante, une valeur trop faible pour pouvoir entrer en ligne de compte.

Des chiffres mentionnés plus haut, nous pouvons donc déduire :

1° Dans chaque recherche particulière, la perméabilité du protoplasme pour l'eau se manifeste avec d'autant plus d'intensité que la solution est plus chaude;

2° La quantité *totale* d'eau soustraite au tissu est partout très sensiblement la même. C'est ce qui ressort des expériences où la moelle a pu atteindre une longueur constante;

3° C'est au début de l'expérience que la quantité d'eau soutirée aux cellules est le plus notable et c'est alors que l'influence de la température sur la perméabilité produit surtout son effet. Pendant toute la période qui suit, ces différences sont peu marquées. Nous nous rapprochons donc le plus de la vérité en déduisant, dans chaque cas, des premiers nombres (obtenus après deux heures d'expérience), le rapport entre les rapidités avec lesquelles l'eau passe à travers le protoplasme aux deux températures considérées;

4° Donc à 6°, 12°, 16°, 20°, 25° et 30°, le protoplasme des cellules de la moelle de *Sambucus* est respectivement environ 1.8, 4, 6.5, 7.3, 7.5 et 8 fois plus perméable pour l'eau qu'à 0°. C'est-à-dire que la perméabilité du protoplasme pour l'eau sortant de la cellule augmente avec la température, et cela très rapidement à partir d'une température voisine de 6° jusqu'à une autre comprise entre 16° et 20°, pour s'accroître beaucoup moins dans la suite.

B. — *Méthode de l'allongement dans l'eau d'un tissu plasmolysé.*

Les cylindres de moelle, avant d'être divisés longitudinalement, sont plasmolysés dans une solution de saccharose à 20 °/₀ (= 0,58 mole par litre) exerçant une pression de 1404,25 $\overset{\tau}{M}$ à 18°, température à laquelle se fait l'opération. Ils atteignent de cette façon, après douze heures, une longueur presque uniforme de 78 millimètres. On choisit des morceaux mesurant tous exactement 78 millimètres. Des deux moitiés provenant d'un même cylindre, l'une est toujours placée dans l'eau à 0°, l'autre dans de l'eau qui a pris préalablement la température voulue. Voici, réunis en un tableau, les résultats obtenus (v. p. 188). Les nombres expriment, en millimètres, les changements de longueur éprouvés après les laps de temps indiqués dans la première colonne. Puisqu'il s'agit d'allongements, ces valeurs sont précédées du signe +.

Comme on voit, nous avons mesuré ici de quinze en quinze minutes. Il importait, en effet, dans ces expériences d'allongement d'un tissu, de restreindre autant que possible la durée des observations, sous peine d'arriver à des résultats faussés par la croissance, laquelle varie d'une température à l'autre.

De même que pour les expériences de raccourcissement d'un tissu, toutes les conditions, sauf la température, peuvent être considérées comme constantes, et nous pouvons conclure des nombres mentionnés :

1° L'allongement du tissu, autrement dit la perméabilité du protoplasme pour l'eau, est d'autant plus notable que cette eau est plus chaude ;

	0°	6°	0°	12°	0°	16°	0°	20°	0°	25°	0°	30°
15 minutes	+0,5	+1,0	+0,5	+2,5	+0,5	+3,0	+1,0	+7,0	+1,0	+7,5	+1,0	+8,0
30 minutes	+1,0	+2,0	+0,5	+5,0	+1,0	+5,5	+1,0	id.	+1,0	id.	+1,0	id.
45 minutes	+1,5	id.	+1,5	id.	+1,0	id.	+1,5	id.	+1,5	id.	+2,0	id.
60 minutes	id.	id.	id.	id.	+2,0	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.

2° L'allongement, comme le raccourcissement, se manifeste surtout dans les premiers moments de l'expérience;

3° En prenant donc comme mesure de perméabilité la vitesse avec laquelle le phénomène a lieu dans les premières quinze minutes, à 6°, 12°, 16°, 20°, 25° et 30°, la perméabilité du protoplasme pour l'eau est ici respectivement environ 2, 5, 6, 7, 7.5 et 8 fois plus grande qu'à 0°.

Ces rapports ne s'éloignent pas beaucoup de ceux trouvés, après deux heures d'expérience, par la méthode du raccourcissement d'un tissu dans une solution plasmolysante.

Si nous calculons la moyenne des rapports obtenus, à chaque température, par l'une et l'autre des deux méthodes décrites, nous pourrons, en prenant comme abscisses les températures et comme ordonnées les moyennes trouvées, construire une courbe qui représentera assez exactement la marche des variations de la perméabilité du protoplasme pour l'eau dans les cellules de la moelle de *Sambucus nigra* aux différentes températures (fig. 1).

	0°	6°	12°	16°	20°	25°	30°
Méthode du raccourcissement. . . .	1	1,8	4,0	6,5	7,3	7,5	8
Méthode de l'allongement	1	2,0	5,0	6,0	7,0	7,5	8
MOYENNES. .	1	1,9	4,5	6,25	7,15	7,5	8

Ce tracé se compose en réalité de trois parties rectilignes où la perméabilité augmente donc proportionnellement à la température : approximativement à raison de 0,05 par degré jusque vers 5°, de 0,433 à partir de 5° jusque 18° environ, de 0,01 pour les températures supérieures à 18°.

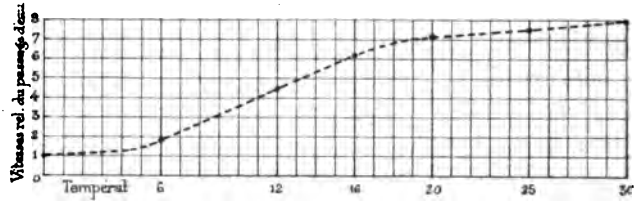


Fig. 1.

C et D. — *Méthode de la plasmolyse et de la « déplasmolyse » suivies au microscope.*

Nous nous servions ici des cellules de l'épiderme inférieur de la feuille de *Tradescantia discolor* (pouvoir osmotique correspondant à 0,16 mole KNO^3 par litre = 670,17 $\bar{M}$) et de cellules de *Spirogyra* (pouvoir osmotique correspondant à 0,15 mole KNO^3 par litre = 628,28 $\bar{M}$).

La technique devait remplir ici deux conditions assez difficiles à réaliser. Tout d'abord, les cellules devaient rester à une température bien constante pendant toute la durée d'une expérience, aussi bien dans la solution que dans l'eau par laquelle celle-ci était remplacée dans la suite et aussi bien pendant l'observation que pendant le changement de milieu. Ensuite, afin d'arriver à des résultats comparables, il fallait que pendant toute la

durée de l'expérience l'observation portât toujours sur les mêmes cellules.

Voici comment nous satisfaisions à ces *desiderata*. Nous nous servions du petit appareil représenté en grandeur naturelle (fig. 3) et qui avait été fabriqué spécialement en vue de nos expériences. C'est en somme une petite bouteille déprimée, pourvue latéralement de deux tubes en verre qui débouchent immédiatement au-dessus du fond. L'ouverture supérieure est munie d'un rebord rodé à l'émeri. Chaque ajutage est muni d'un tube en caoutchouc pourvu d'une pince.

Appliquons une coupe d'épiderme de *Tradescantia* sur une lamelle en l'y maintenant par deux petits points de gélatine placés aux deux extrémités de la coupe; retournons la lamelle sur l'ouverture du petit flacon après avoir étendu préalablement sur le rebord une mince couche d'un mélange de graisse et de cire qui maintiendra le couvre-objet en place et s'opposera à toute sortie de liquide. Adaptons l'un des tubes en caoutchouc à un entonnoir : voilà l'appareil prêt à fonctionner (fig. 4). Il ne s'agit plus que de faire arriver la solution dans le petit récipient, en ayant soin d'incliner celui-ci de façon qu'il finisse par ne plus contenir d'air, lequel viendrait se loger sous la coupe et nuire à l'observation. Si cependant une bulle d'air était restée dans le flacon, on peut faire en sorte qu'elle s'attache aux parois latérales en donnant une inclinaison convenable au microscope. Afin de faciliter cette manœuvre et d'empêcher l'instrument de glisser sur la platine du microscope, on le fixe, au moyen d'un mélange de cire à cacheter et de cire ordinaire, sur une lame de verre trouée au milieu et maintenue par les deux valets. Souvent aussi,

l'appareil était simplement fixé sur la platine par deux bandes de caoutchouc (fig. 4).

Pour la température de 0°, il a fallu, à défaut de chambre où régnât cette température, combiner un dispositif spécial (fig. 5). La solution, et plus tard l'eau, étaient refroidies dans un tube fermé inférieurement par un bouchon que traverse un autre tube, plus étroit, auquel vient s'adapter le tuyau en caoutchouc (muni d'une pince) de l'appareil décrit précédemment. Le tube large est scellé dans la tubulure d'une cloche renversée contenant de la glace fondante, l'eau de fusion de celle-ci atteignant toujours au moins la hauteur de la solution ou de l'eau dans le tube. Le petit flacon se trouve au fond d'un récipient rempli aussi de glace fondante et dans lequel il est fixé au moyen de morceaux de liège. Le récipient est choisi aussi grand que le permettent les dimensions du microscope. Il est entouré de flanelle et fermé par une plaque de zinc à ouvertures donnant passage au tube du microscope, à un thermomètre et aux tubes de caoutchouc. Nous opérions, ou bien avec un objectif ordinaire recouvert d'un capuchon en métal fermé inférieurement par une lamelle afin de préserver les lentilles, ou bien, nous employions un objectif faible à immersion recouvert d'un bout de tube en caoutchouc fort et serrant suffisamment pour éviter toute pénétration d'eau par les pas de vis. Afin d'empêcher que la lamelle, à laquelle adhérait la coupe, ne glissât par suite des chocs que pouvaient occasionner les morceaux de glace, nous la fixions solidement au moyen d'un bourrelet de gélatine qui l'entourait entièrement. D'autre part, de crainte que le liquide venant du réfrigérant ne s'échauffât pendant son trajet vers le petit flacon, nous placions l'ouverture

du tube aussi près que possible du récipient que supporte le microscope et nous donnions au tube en caoutchouc une longueur suffisante pour qu'il fût possible de lui faire décrire plusieurs tours dans l'eau de fusion de la glace avant son arrivée au flacon.

En opérant comme nous venons de l'indiquer, on peut aisément maintenir les cellules à la température de 0° pendant toute la durée d'une expérience.

La solution étant introduite, on observe une ou plusieurs cellules bien déterminées jusqu'à la fin de la plasmolyse, en recourant au dessin à la chambre claire pour bien s'assurer du moment où le volume du protoplaste est devenu constant. On remplace ensuite la solution par de l'eau à la même température, *sans vider le flacon*, afin d'éviter la pénétration de l'air et la concentration de la petite quantité de solution qui serait restée adhérente à la coupe. On a soin aussi de maintenir assez longtemps la pince ouverte pour que toute trace de saccharose soit éliminée de l'appareil. On détermine le temps que met la cellule à reprendre ses dimensions initiales.

Les résultats obtenus figurent dans le tableau de la page 194.

Si nous calculons le rapport existant, pour chaque cellule, entre la durée totale de la sortie ou de l'entrée de l'eau à une température t et la durée totale du phénomène à 0°, nous obtenons les nombres mentionnés dans le tableau de la page 195. Ceux en gros caractères expriment les moyennes entre les rapports concernant la sortie de l'eau d'une part et l'entrée du liquide d'autre part.

SOLUTIONS.			*TRADESCANTIA.*		*SPIROGYRA.*	
Corps en solution et concentrations.	Températures.	Pressions en $\overset{\tau}{M}$.	Durée de la plasmolyse.	Durée de la « déplasmolyse ».	Durée de la plasmolyse.	Durée de la « déplasmolyse ».
KNO^3 0,20 mole par litre.	0°	737,1	3 h. 15 m.	3 h. 7 m.	3 h. 40 m.	
	6°	753,3	1 h. 35 m	1 h. 20 m.	1 h. 43 m.	
	16°	780,3	0 h. 38 m.	0 h. 34 m.	0 h. 39 m.	
	20°	791,1	0 h. 30 m.	0 h. 28 m.	0 h. 38 m.	
	25°	804,6	0 h. 27 m.	0 h. 25 m.	0 h. 32 m.	
	30°	818,1	0 h. 24 m.	0 h. 23 m.	0 h. 26 m.	
Saccharose. Solution isotonique avec celle de KNO^3 : $c = \frac{p}{iRT}$ (1).	0°	737,1	3 h	2 h. 55 m.	3 h. 25 m.	3 h. 12 m.
	6°	753,3	1 h. 25 m	1 h. 12 m.	1 h. 40 m.	1 h. 42 m.
	16°	780,3	0 h. 30 m	0 h. 36 m.	0 h. 34 m.	0 h. 32 m.
	20°	791,1	0 h. 25 m.	0 h. 29 m.	0 h. 27 m.	0 h. 26 m.
	25°	804,6	0 h. 24 m.	0 h. 24 m.	0 h. 26 m.	0 h. 26 m.
	30°	818,1	0 h. 22 m.	0 h. 23 m.	0 h. 24 m.	0 h. 22 m.

(1) c = concentration ; p = pression en $\overset{\tau}{M}$ exercée par la solution de KNO^3 à la même température ; i = coefficient de dissociation électrolytique = 1 ; R = 8,32 ; T = température absolue. (ERRERA, 1901, p. 148.)

SOLUTIONS.		*TRADESCANTIA.*			*SPIROGYRA.*		
Corps en solution et concentrations.	Températures.	Rapports concernant la sortie de l'eau.	Rapports concernant l'entrée de l'eau.	MOYENNES.	Rapports concernant la sortie de l'eau.	Rapports concernant l'entrée de l'eau.	MOYENNES.
KNO^3 0,20 mole par litre.	0°	—	—	1,0	1,0		
	6°	2,0	2,2	2,1	2,1		
	16°	5,1	5,5	5,3	5,6		
	20°	6,5	6,6	6,55	5,7		
	25°	7,2	7,4	7,3	6,9		
	30°	8,1	8,1	8,1	8,4		
Saccharose. Solution isotonique avec celle de KNO^3.	0°	—	—	1,0	—	—	1,0
	6°	2,1	2,4	2,25	2,05	1,9	1,97
	16°	6,0	4,9	5,45	6,0	6,0	6,0
	20°	7,2	6,0	6,6	7,5	7,4	7,45
	25°	7,5	7,3	7,4	7,5	7,4	7,45
	30°	8,1	7,6	7,85	8,5	8,7	8,6

Les faibles différences existant, chez les cellules de *Tradescantia*, entre les rapports obtenus dans les solutions saline et sucrée, sont très probablement dues au fait que le KNO^3 traverse très facilement le protoplasme.

Malgré ces légères divergences, les résultats obtenus pour la durée totale du passage d'eau par la méthode de l'observation directe de la plasmolyse et de la « déplasmolyse », même sur des cellules différentes, sont très rapprochés de ceux fournis pour la vitesse du phénomène par la méthode du raccourcissement et de l'allongement de la moelle de *Sambucus nigra*. Et la « courbe » que nous avons dessinée à la suite des expériences sur *Sambucus* peut être considérée comme montrant, d'une façon approchée, la marche générale des variations que subit, avec la température, la vitesse du passage de l'eau au travers du protoplasme vivant.

Nos expériences sur le raccourcissement et l'allongement des tissus ont montré que la température influe sur la *rapidité* du passage de l'eau et non sur la *quantité totale* d'eau que les cellules peuvent abandonner ou absorber : des morceaux de moelle de même longueur finissaient, en effet, par acquérir, aux différentes températures, des dimensions presque identiques, soit à la suite de la plasmolyse, soit après la « déplasmolyse ». Dans les expériences décrites en dernier lieu, ce fait ne pouvait se contrôler, vu que les cellules observées aux différentes températures avaient nécessairement des dimensions très différentes.

§ 2. — Perméabilité pour les substances dissoutes.

Cette perméabilité a été mise en évidence par la disparition de la plasmolyse dans les cellules épidermiques de *Tradescantia discolor* séjournant dans des solutions de KNO^3, glycérine et urée. Ces solutions étaient maintenues aux températures voulues dans le petit appareil déjà décrit. De cette façon, il était possible d'observer tout le phénomène sur une même cellule.

Afin de nous mettre partout dans des conditions aussi identiques que possible, nous plasmolysions chaque fois les cellules dans une solution de saccharose tenue à la température de la chambre et quand la plasmolyse était complète, nous faisions arriver dans l'appareil la solution de KNO^3, glycérine ou urée isotonique avec celle de saccharose et portée préalablement à la température voulue. En agissant ainsi, nous écartions aussi la cause d'erreur résultant du passage dans la cellule, pendant la plasmolyse même, des substances en expérience, d'autant plus que celles-ci avaient été choisies, à dessein, parmi les corps pour lesquels le protoplasme se montre très perméable.

Il va sans dire qu'ici encore, les observations, sauf celles à 0°, furent faites dans des chambres où régnait la température que devaient posséder les solutions.

Lorsque l'expérience devait se continuer pendant plus d'un jour à la température de 0°, nous enfermions, pendant la nuit, le microscope pourvu du récipient contenant notre petit appareil et la glace en fusion, dans le bac qui nous a servi à obtenir la température constante

de 0° dans les expériences sur la moelle de *Sambucus*. La fusion de la glace se continuait dès lors très lentement et, le lendemain, nous la retrouvions presque dans l'état où nous l'avions laissée la veille.

Les résultats sont consignés dans le tableau de la page 199, qui donne les temps employés par les cellules plasmolysées pour reprendre, à chaque température, leur aspect normal, ainsi que les rapports entre chacun de ces temps et celui déterminé à 0°. Ces derniers figurent en gros caractères.

Nos chiffres sont ici presque identiques à ceux qui caractérisent la perméabilité du protoplasme pour l'eau à différentes températures, et le tracé donné page 190, pour l'eau, s'applique en même temps aux variations que subit, dans les mêmes conditions, la perméabilité du protoplasme pour les substances dissoutes.

Il suit aussi de ces expériences que le protoplasme se montre perméable aux températures basses, et même à 0°, pour les corps en solution, mais que le passage est alors très lent.

Il est utile de faire remarquer que les cellules étaient encore parfaitement vivantes à la fin de l'expérience : on pouvait, en effet, obtenir encore leur plasmolyse, parfaitement normale, dans des solutions plus concentrées.

Nous avons donc réfuté l'idée de Krabbe (p. 483), d'après laquelle le protoplasme ne serait pas perméable pour les substances dissoutes à une température inférieure à 5°, comme nous avons réfuté aussi, par nos expériences sur la moelle de *Sambucus*, l'hypothèse de Schwendener (p. 945), suivant laquelle le protoplasme ne se laisserait plus traverser par l'eau à 0°.

		0°	6°	12°	16°	20°	25°	30°
Solutions isotoniques avec 0,20 mole KNO^3 par litre.	KNO^3 . . .	60 h.	33 h.	12 h. 30 m.	10 h.	8 h.	8 h.	7 h. 45 m.
		1,0	1,8	4,4	6,0	7,3	7,3	7,7
	Glycérine . .	14 h.	7 h. 15 m.	3 h. 20 m.	2 h. 30 m.	2 h.	2 h.	< 2 h.
		1,0	1,9	4,2	5,6	7,0	7,0	< 7,0
	Urée. . . .	15 h. 15 m.	7 h. 15 m.	3 h. 20 m.	2 h. 50 m.	2 h. 10 m.	2 h.	2 h.
		1,0	2,1	4,5	5,3	7,0	7,6	7,6

Une méthode bien plus simple encore peut nous démontrer que l'opinion de Schwendener n'est pas fondée. Si, en effet, le protoplasme n'était pas perméable pour l'eau à 0°, un organe végétal maintenu à cette température ne devrait pas se faner dans un milieu sec. Or, une plantule de *Brassica Napus*, suspendue au bouchon qui ferme un flacon contenant un peu de H^2SO^4 concentré et placé dans l'eau de fusion de la glace, se fane tout aussi bien qu'une autre placée dans un milieu sec à 18°; elle y met toutefois un temps bien plus long. Tandis que cette dernière devient déjà très flasque après deux heures, l'autre reste turgescente pendant plus de deux jours. On arrive au même résultat en se servant d'un exsiccateur au $CaCl^2$.

CHAPITRE II.

Sur la nature (physiologique ou physique) des variations thermiques de la perméabilité du protoplasme.

Se basant sur le fait qu'à la température de 20° la quantité d'eau qui traverse le protoplasme pendant l'unité de temps est trois à cinq fois plus grande que celle qui passe, à la même température et pendant le même temps, au travers d'une membrane précipitée de ferrocyanure de cuivre, Krabbe (p. 481) conclut que la perméabilité du protoplasme n'obéit pas aux simples lois de l'osmose et qu'il y a un facteur physiologique qui intervient : la faculté que posséderait le protoplasme vivant de varier, suivant la température, la largeur de ses mailles.

Physiquement, la couche protoplasmique se conduit comme une membrane de ferrocyanure de cuivre à laquelle on l'a souvent comparée. Toutes deux s'opposent, par exemple, au passage de la saccharose. Et la comparaison semble d'autant plus logique que, dans les deux cas, c'est une pression osmotique qui préside au mouvement de l'eau.

Il n'est pourtant pas permis de conclure *a priori* à l'intervention d'un facteur physiologique dans la perméabilité différente du protoplasme aux diverses températures, par le seul motif que sa perméabilité varie, d'après la température, d'une façon beaucoup plus notable que cela n'a lieu chez une substance inerte qui partage seulement avec lui la propriété de s'opposer presque complètement au passage du sucre.

Dans une membrane précipitée de ferrocyanure de cuivre, l'eau se meut dans des espaces capillaires. Or, la formule de la vitesse d'ascension de l'eau dans des tubes capillaires, à différentes températures, semble n'être pas générale. Ainsi, tandis que la formule de Poiseuille, concernant les capillaires de verre, et qui, suivant les recherches de Schmidt, s'applique aussi au mouvement de l'eau dans des membranes animales, peut se réduire à

$$1 + 0{,}034t$$

(Krabbe, p. 478), celle découlant des expériences de Pfeffer (1877, p. 83) sur des membranes précipitées de ferrocyanure de cuivre est sensiblement (Krabbe, p. 479)

$$1 + 0{,}045t.$$

La différence entre les deux coefficients de température n'est pas, on le voit, négligeable. Et il n'est plus,

dès lors, impossible que ce coefficient de température possède une valeur autre encore dans le protoplasme. Ceci paraîtra plus probable encore si nous montrons que dans une substance déterminée, les variations que subit, avec la température, le mouvement de l'eau, se rapprochent davantage de celles qui caractérisent la cellule vivante.

Prenons une coupe d'épiderme foliaire de *Tradescantia discolor* et plasmolysons ses cellules dans une solution de saccharose isotonique avec 0,20 mole KNO^3 par litre. Quand la plasmolyse est complète, retirons la coupe de la solution, débarrassons-la soigneusement de toute trace de cette dernière au moyen de papier à filtrer et plaçons-la sur une lamelle propre et sèche. Recouvrons-la ensuite d'une couche de 5 millimètres de gélatine à 8 °/₀ rendue bien neutre, en ayant soin de donner partout, à cette couche, la même épaisseur et de lui faire dépasser partout aussi de 5 millimètres le pourtour de la coupe. Retournons la lamelle sur le petit flacon déjà plusieurs fois employé et faisons-y arriver de l'eau à 20°. Quand la plasmolyse commencera à diminuer, l'eau aura parcouru, par imbibition, une longueur de 5 millimètres dans la gélatine. Il est à remarquer que le tissu se maintient en très bon état dans le milieu gélatineux.

L'eau parcourt toute l'épaisseur de la couche de gélatine en sept heures.

Répétons l'expérience avec les cellules plasmolysées à 20° et placées dans une gaine de gélatine de cinq millimètres d'épaisseur, laquelle est mise cette fois en contact avec de l'eau à 0°. Le protoplaste commence à augmenter de volume après 31 h. 15 m. Comme il faut, dans les conditions normales, 3 h. 25 m. pour produire le même phé-

nomène, nous pouvons dire que le demi-centimètre est parcouru par le liquide en 28 heures environ.

Dans notre gélatine, l'eau se meut donc environ quatre fois plus rapidement à 20° qu'à 0°, tandis que le rapport des vitesses à ces mêmes températures n'est que de 1.68 pour un tube capillaire de verre (Krabbe, p. 478) et de 1,9 pour une membrane de ferrocyanure de cuivre (id., p. 479).

Ce rapport reste le même si nous favorisons le passage de l'eau par une pression que nous faisons agir sur l'eau du flacon au moyen d'une pompe de Müncke, en ayant soin de mieux assujettir la lamelle par deux cordons de caoutchouc. Sous trois atmosphères, les cellules sont « déplasmolysées » après 2 h. 40 m. à 20° et après 11 h. à 0°.

Ici nous nous rapprochons davantage des conditions d'expérimentation de Krabbe et de nous-même : pour des cellules plongées dans des solutions ou pour des cellules plasmolysées qui se trouvent dans l'eau, le mouvement de ce liquide est, en effet, influencé par la pression osmotique comme il l'est, dans l'expérience décrite, par la pression hydrostatique.

Recouvrons maintenant d'une couche de gélatine de 5 millimètres, une coupe à cellules non plasmolysées et plaçons la préparation dans une solution de 0,20 mole KNO_3 par litre, tenue à la température de 20°.

La plasmolyse commence après 5 h. 30 m. Comme, normalement, la plasmolyse débute, dans les cellules de *Tradescantia* plongées dans cette solution à 20°, après deux minutes, nous pouvons dire sans trop d'erreur que la solution a mis 5 h. 30 m. à parcourir, dans la gélatine, une distance d'un demi-centimètre.

A 0°, la plasmolyse débute après 23 h. 30 m. Soustrayons 1 h. 30 m. pour le temps que met la solution, une fois en contact avec la coupe, pour plasmolyser les cellules, restent 22 heures pour le temps qu'a mis la solution à parcourir, dans la gélatine, les 5 millimètres; c'est-à-dire, encore environ quatre fois plus de temps qu'à 20°.

Il est très probable qu'au point de vue qui nous occupe, d'autres substances que la gélatine à 8 °/₀ se rapprochent encore davantage du protoplasme, et il n'y a plus, dès lors, de raison d'affirmer une intervention physiologique de celui-ci dans sa perméabilité, variable avec la température, tant pour l'eau que pour les substances dissoutes.

Cependant, même après tout cela, on serait mal venu à vouloir nier toute action vitale du protoplasme dans le but de faciliter ou d'entraver partiellement, suivant la température, le passage de l'eau. Tout ce qui vient d'être dit montre, tout au moins, que l'argument invoqué par Krabbe pour l'admettre est insuffisant. C'est tout ce que nous voulions démontrer.

CHAPITRE III.

La valeur de la pression osmotique cellulaire est indépendante de la constitution physique du protoplasme.

Krabbe (p. 488) admet que le protoplasme n'est perméable pour l'eau que sous une pression unilatérale minimum, laquelle serait d'autant plus petite que le protoplasme, par ses propriétés physiques, offrirait moins de

résistance au mouvement de l'eau. Là où ce minimum de pression n'est pas atteint, la pression osmotique intracellulaire resterait en dessous de sa pleine valeur de toute la force que le protoplasme oppose à la mise en mouvement de l'eau (pp. 488-489).

D'autre part, nous avons vu que cet auteur admet aussi que la résistance qu'offre le protoplasme au mouvement de l'eau est d'autant plus notable que la température est moins élevée.

Ces deux faits posés en prémisses, il en découlait naturellement la variation du pouvoir osmotique cellulaire avec la température.

Dans la suite, nous montrons :

1° Que la notion de la « pression minimum » admise par Krabbe comme critérium de la perméabilité du protoplasme pour l'eau n'est pas fondée. Dans ce but, nous recourons à deux méthodes :

A. Une directe qui consiste à observer, sur la cellule même, la sortie ou l'entrée de l'eau après des changements de pressions très faibles;

B. Celle où l'on observe les courbures occasionnées dans un tissu par la tension inégale des différentes couches cellulaires; c'est la méthode qui a conduit Krabbe à une conclusion tout à fait opposée à la nôtre;

2° Que la solution qui est isotonique avec un suc cellulaire le reste à toute température, ce qui revient à dire que la pression intracellulaire ne s'accroît, comme celle exercée par toute solution, que de $^1/_{273}$ par degré.

§ 1. — Le plus faible excès osmotique suffit a faire passer a travers le protoplasme l'eau et les substances pour lesquelles il est perméable.

A. — *Méthode de la plasmolyse et de la « déplasmolyse » graduelles.*

Soit p la pression régnant dans une cellule vivante plongée dans une solution qui exerce une pression osmotique p' (fig. 2).

Les molécules, ionisées ou non, contenues dans les deux milieux, tendent sans cesse, tout comme les molécules gazeuses, à occuper un espace plus considérable. Si $p' > p$, l'eau sortira de la cellule pour se rendre dans la solution ambiante qu'elle diluera d'autant. Ce mouvement de l'eau est dû à la différence de pression ou à l'*excès osmotique* $p' - p$, que nous appellerons e, que possède le milieu sur le suc cellulaire. Théoriquement, ce mouvement continue jusqu'à ce que les deux solutions finissent par exercer la même pression osmotique. Entre-temps, le volume du protoplaste diminue : il y a plasmolyse.

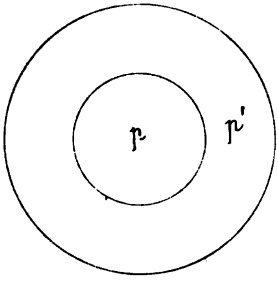


Fig. 2.

L'équilibre osmotique atteint, ajoutons de l'eau au milieu extérieur. Dès ce moment, c'est la cellule qui

possède, sur la solution extérieure, un excès osmotique $p - p'$, une force d'expansion plus grande. Aussi l'eau se dirigera cette fois du milieu ambiant vers la cellule. Si l'excès osmotique n'est pas trop notable, l'eau peut entrer dans celle-ci jusqu'à ce que les pressions deviennent de nouveau identiques. Si, au contraire, l'excès est trop élevé, il arrive un moment où l'agrandissement de la vacuole cellulaire est arrêté par la résistance qu'offre la membrane.

Il s'agit maintenant de savoir si l'eau passe de la cellule vers le milieu, ou réciproquement, pour toute valeur de e, quelque petite qu'elle soit, ou bien, si le passage de l'eau à travers le protoplasme cesse pour une certaine valeur minimum de e.

Pour contrôler l'assertion de Krabbe, nous opérions de préférence sur des cellules allongées chez lesquelles — aussi longtemps que les solutions employées ne sont pas trop concentrées — l'augmentation ou la diminution de volume du protoplaste plasmolysé ne se produit qu'aux extrémités les plus éloignées. Quand, en effet, les cellules se rapprochent de la forme sphérique ou sont polyédriques, une faible augmentation ou diminution de volume se partageant également sur toute la surface de la couche protoplasmique, devient le plus souvent invisible.

Les cellules de l'épiderme inférieur de la feuille de *Tradescantia discolor*, plus spécialement celles prises sur la nervure médiane, certaines *Spirogyra*, fournissent un matériel excellent. Mais celui qui a le mieux répondu au *desideratum* consistait dans les cellules jeunes et très allongées provenant de la germination des zoospores de *Vancheria*.

Les coupes de tissus ou les cellules d'Algues étaient adaptées à notre appareil permettant de changer facilement de solution et qui a été décrit antérieurement (fig. 4). Comme il s'agissait d'étudier l'influence d'une différence de pression, il convenait de ne pas fausser les résultats en faisant intervenir en outre la pression hydrostatique due à la différence des niveaux dans l'entonnoir et le petit flacon, le choc mécanique produit par la rapidité du courant lors du changement de milieu, etc.

Toutes ces causes d'erreur ont été évitées aussi soigneusement que possible en mettant l'extrémité inférieure de l'entonnoir au même niveau que le petit flacon, en changeant très lentement de milieu, — et, cela va sans dire, sans vider préalablement l'appareil, — enfin, en prenant la petite bouteille de dimensions très restreintes.

Les observations se firent au moyen d'un objectif à immersion.

Nous avons exécuté, sur chaque espèce de cellule, deux séries d'expériences : la première avec des solutions de KNO^3, l'autre avec des solutions de saccharose.

Les diverses cellules étaient d'abord plasmolysées faiblement par une solution un peu hypertonique au suc cellulaire; puis, nous faisions successivement arriver en leur contact des solutions dont la pression augmentait régulièrement d'une quantité égale à celle exercée par une solution de 0,005 mole KNO^3 par litre. Il est bien entendu que chaque fois, avant de changer de milieu, nous attendions la fin de la diminution de volume du protoplaste.

Une fois la plasmolyse assez avancée, nous retournions l'expérience, c'est-à-dire que nous faisions arriver successivement dans l'appareil des solutions dont la pression

diminuait régulièrement de celle exercée par 0,005 mole KNO^3 par litre.

Toujours, chaque augmentation de pression externe était accompagnée d'une diminution encore visible du volume du protoplaste. Chaque fois aussi, à toute diminution de la pression ambiante correspondait une augmentation du volume protoplasmique.

Si nous calculons la quantité dont la pression externe augmentait ou diminuait à chaque changement de milieu, nous servant pour cela de la méthode indiquée par Errera (1901, p. 147), nous trouvons que, dans les cas étudiés, l'eau passe certainement encore au travers du protoplasme lorsque *e* n'atteint que 23,85 $\overset{\tau}{M}$, ce qui correspond approximativement à 0,23 atmosphère.

Les expériences qui viennent d'être décrites ont été faites à la température de 18°. S'il était vrai qu'à 0° les interstices protoplasmiques sont très réduits, la faible valeur trouvée pour *e* plus haut pourrait, à cette température, ne plus suffire à assurer le passage de l'eau à travers le protoplasme. Nous avons, pour nous en assurer, répété les mêmes expériences à 0° en adaptant à notre appareil le réfrigérant qui nous a déjà servi (fig. 5) et en observant dans la glace en fusion. Les mêmes changements du volume protoplasmique ont été constatés, sauf qu'ils se produisirent beaucoup plus lentement.

Comme les changements subis par le volume protoplasmique étaient dans tous les cas *très* apparents, — surtout dans les cellules de *Vaucheria*, — il est certain qu'on arriverait, par le même procédé, à mettre en évidence le passage de l'eau pour des valeurs de *e* bien inférieures à 23,85 $\overset{\tau}{M}$. Mais une autre méthode va nous

servir à démontrer que le protoplasme est encore perméable pour une force de diffusion se rapprochant de 0, sans qu'il existe un excès osmotique en faveur du suc cellulaire.

Dans une cellule qui a pris son maximum de turgescence dans l'eau, la pression osmotique exercée par le suc ne saurait avoir une influence sur le mouvement de l'eau se produisant de l'extérieur vers l'intérieur. Tout s'y passe, en effet, comme si le suc cellulaire se trouvait renfermé dans un espace à parois inextensibles; or, pour qu'une pression osmotique puisse produire un effet, il faut que les molécules et les ions contenus dans la solution occupent un espace capable de s'agrandir (Pfeffer, 1877, p. 47.)

Mettons des *Lemna minor* et des *Azolla* pourvus de jeunes racines dans une solution de bleu de méthylène à $^1/_{200,000}$. Après un temps très court à la température de 18°, beaucoup plus long à 0°, nous trouvons un précipité bleu dans le suc cellulaire.

Si la solution si diluée de matière colorante exerce réellement une pression osmotique, tout au plus est-ce cette pression qui peut, suivant la théorie de Nernst (p. 317), occasionner le passage du bleu de méthylène de la solution dans la cellule. Nous ne connaissons pas la valeur osmotique de la substance. Tout ce que nous pouvons dire, c'est que, vu la grande complexité de la molécule, cette valeur osmotique doit être très faible. Mais supposons pour un instant qu'elle atteigne même celle de KNO^3; dans ce cas, la pression de la solution employée serait de 0,24 $\overset{\tau}{M}$, soit le $^1/_{100}$ de celle qui occasionnait encore un passage d'eau à travers le protoplasme dans les expériences de plasmolyse décrites il y a un instant.

Cette force si minime — si réellement elle intervient — suffit aussi, comme l'expérience le montre, à assurer le passage de la matière colorante dans la cellule à la température de 0°. De même la caféine, employée en solution de 0,006 %, pénètre, à la même température, dans les cellules de *Spirogyra* où elle occasionne, presque instantanément, une agrégation intense du protoplasme. Et après toutes ces considérations, il devient probable que l'eau pure entre et sort de la cellule sans autre intervention que les forces régnant dans la couche protoplasmique.

B. — *Méthode des courbures de tissus.*

Krabbe (p. 791) laisse séjourner dans de l'eau d'une température de 1° à 2°, un cylindre assez épais de moelle d'*Helianthus* jusqu'à ce que celui-ci ait acquis sa turgescence maximum. Il le fend ensuite longitudinalement par le milieu, sur une certaine longueur, et constate que les deux moitiés se courbent de façon à devenir concaves sur les surfaces de section. L'auteur admet que la turgescence différente des cellules externes et internes de la moelle retirée de l'eau est due à la résistance qu'offrent, au passage du liquide, les utricules protoplasmiques des différentes cellules rangées, en chaque point, de la périphérie au centre du tissu et qui est d'autant plus forte pour une cellule considérée que celle-ci est située plus profondément. Les résistances individuelles opposées au mouvement de l'eau par les différentes cellules d'une même rangée radiale s'additionneraient, de sorte qu'à une certaine profondeur, l'obstacle deviendrait suffisant pour arrêter tout passage de liquide.

Reprenons l'expérience de Krabbe; mais à défaut de moelle d'*Helianthus*, servons-nous de pétioles de *Begonia heracleifolia*, lesquels, lorsqu'on les coupe longitudinalement en deux moitiés après les avoir dépourvus de l'épiderme, montrent d'une façon frappante la différence de tension existant entre les cellules périphériques et celles du milieu, la courbure se faisant toujours avec sa concavité vers l'extérieur. Le phénomène devient surtout très net lorsque les pétioles ont séjourné quelque temps dans l'eau.

Prenons donc quelques-uns de ces pétioles en les coupant sous l'eau de fusion de la glace; enlevons-leur l'épiderme dans le même milieu, partageons-les en morceaux de 100 millimètres de long et laissons-les dans l'eau à 0°. De vingt-quatre en vingt-quatre heures, coupons un des cylindres longitudinalement par le milieu sur une certaine longueur, toujours la même, en ayant soin de les maintenir, pendant l'opération, dans l'eau à 0°, et rendons-nous chaque fois bien compte du sens et de l'intensité des courbures qui se produisent.

Ces courbures augmentent de jour en jour d'intensité dans le sens normal, jusqu'à un maximum, puis deviennent stationnaires jusqu'à la mort des cellules.

Ceci ne s'explique qu'en admettant que l'eau pénètre dans toutes les cellules du parenchyme, même les plus internes. Sinon, les courbures, au lieu de s'accentuer dans le sens normal caractérisé par la convexité des surfaces de section, devraient diminuer graduellement en intensité, disparaître ou même prendre une direction inverse par suite de l'accroissement de volume qui serait limité dans ce cas aux seules cellules périphériques. L'épaisseur de la couche protoplasmique ne saurait donc

constituer un obstacle au passage de l'eau, même à 0°, contrairement à l'opinion de Krabbe, puisque, dans notre expérience, l'eau n'arrive aux cellules profondes qu'après avoir eu à traverser toutes celles qui les séparent de la surface et qui peuvent dépasser de beaucoup la centaine.

On peut nous reprocher que le tissu employé contient des faisceaux fibro-vasculaires, lesquels, bien que très minces, peuvent fausser les résultats. Mais alors, nous recourons à une expérience semblable faite sur la moelle de *Philadelphus*. Ici nous avons assisté, après que les cylindres eussent séjourné pendant quarante-quatre heures dans l'eau à 0°, à une courbure dans le sens de celle observée par Krabbe, les surfaces de section étant donc devenues concaves. Seulement, avant de conclure, nous avons laissé le phénomène se continuer. Or, vingt-quatre heures plus tard, nous n'obtenions plus de courbure du tout : les cellules internes avaient acquis un accroissement de volume tel qu'il n'existait plus de différence entre leur tension et celle des cellules constituant les couches périphériques. L'eau était arrivée jusqu'au centre du tissu. Pourtant, la vitalité des cellules était restée parfaite, comme le montrèrent la plasmolyse bien normale dans une solution concentrée de sucre et l'absence de coloration du protoplasme dans une solution diluée d'éosine.

Dans les expériences qui ont été décrites en dernier lieu, chacune des cellules situées au centre du tissu ne reçoit que de l'eau qui a passé par toutes les cellules qui la séparent de la périphérie. Comme le dit Krabbe (p. 490), tout se passe comme si nous avions affaire, dans chaque cas, à une file de cellules, dont celle de l'une des extrémités se trouve seule en contact avec l'eau.

Si le passage de l'eau dans une cellule supposait une valeur minimum de force osmotique ou de force de filtration, dans un filament de cellules disposé comme l'indique Krabbe, le mouvement de l'eau devrait s'arrêter avant que celle-ci ait pu atteindre la cellule située à l'extrémité opposée. Ceci s'applique aussi à un tissu allongé qui toucherait l'eau par un de ses bouts.

Il ne faut guère songer à faire cette expérience avec de l'eau pure dont on ne saurait suivre le voyage de cellule à cellule. Mais prenons de l'eau dans laquelle nous avons dissous 0,005 °/₀ de carbonate d'ammonium. Prenons aussi une lame de verre sur laquelle nous avons fixé, au moyen d'un point de gélatine, une stipule de *Begonia manicata*. Plaçons cette lame de verre dans la solution, de façon que la stipule touche à peine celle-ci par sa surface de section. Comme il est facile de s'en rendre compte par le changement de teinte que subit le suc cellulaire neutralisé par le carbonate, la solution monte, très lentement il est vrai, mais monte continuellement et finit par atteindre le bout opposé de la stipule après avoir passé donc par toutes les cellules séparant les deux extrémités de l'organe et qui, dans nos expériences, atteignaient parfois le nombre de 80.

La même expérience a été répétée à 0°. Afin d'assurer à la stipule cette température constante, il fallait la plonger entièrement dans la solution entourée de glace fondante. Et bien que les cellules de la stipule aient les membranes fortement cuticularisées, nous prenions néanmoins la précaution de recouvrir l'organe d'une couche de graisse, laissant simplement à nu la surface de section par où devait pénétrer la solution de carbonate. Celle-ci montait encore, mais beaucoup plus lentement :

tandis qu'à 18° la solution parcourait, pendant les six premières heures, une distance de 1 millimètre, elle ne parcourait, à 0°, que $^5/_4$ de millimètre en seize heures.

On peut aussi retourner la question et s'assurer si, en mettant, par un bout, dans une solution plasmolysante, un organe formé d'une file de cellules, la plasmolyse finit par se produire dans toutes.

Nous nous sommes servi dans ce but de poils âgés de *Momordica* à membranes cellulaires latérales fortement cuticularisées. Nous placions le poil en expérience dans du beurre de cacao, sur une lame de verre, après quoi nous lui coupions le bout aigu. De cette manière, la solution ne pouvait agir que par la cellule mise à nu. On s'arrangeait de façon à n'occasionner qu'un début de plasmolyse. Une fois la plasmolyse terminée dans la première cellule, elle se présentait à son tour dans la deuxième par suite de l'eau qui en sortait vers la première cellule à pression osmotique plus élevée. Mais le courant d'eau continuait dès lors du premier article vers la solution. Le même phénomène se répétait entre le troisième article et le deuxième, et ainsi de suite. Aussi la plasmolyse finissait-elle par se produire dans la dernière cellule, mais, encore une fois, beaucoup plus tard à 0° qu'à 18°.

§ 2. — L'isotonisme d'une solution avec un suc cellulaire subsiste a toute température.

De tout ce qui précède, il résulte que si réellement le protoplasme changeait sa constitution physique suivant la température, comme l'admet Krabbe, celle-ci ne pourrait, néanmoins, et contrairement à l'opinion du

même botaniste (p. 488), avoir une influence sur la valeur de la pression osmotique cellulaire, abstraction faite, bien entendu, de l'accroissement de pression de $^1/_{273}$ par degré d'après la loi de Van 't Hoff. En d'autres termes, la détermination du pouvoir osmotique d'une cellule par la méthode plasmolytique doit mener toujours au même résultat, quelle que soit la température à laquelle on opère, pourvu que la cellule n'ait pas eu le temps de *réagir*, en vue de son adaptation, à l'augmentation ou à la diminution de pression subie par la solution plasmolysante à la suite même de la modification apportée à sa température (V. R., p. 60). C'est ce que montre d'ailleurs l'évaluation du pouvoir osmotique d'*une* cellule de l'épiderme foliaire de *Tradescantia discolor* à 25° et à 0°.

Voulant donner à cette détermination toute la précision possible, nous ne cherchons pas la solution isotonique avec le suc, d'abord à l'une des températures, puis à l'autre. Il faudrait, en effet, opérer dans ce cas avec *deux* cellules différentes dont le pouvoir osmotique pourrait ne pas être identique. De plus, la plasmolyse se produisant, à 0°, avec une très grande lenteur, la cellule mise en expérience à cette température aurait peut-être le temps de s'adapter, en tout ou en partie, au froid, en rendant son suc plus osmotique (Copeland, pp. 5 et suiv.).

Nous évaluons donc le pouvoir osmotique cellulaire à 10°, et, une fois la plasmolyse terminée, la même cellule est transportée dans un milieu isotonique maintenu à 0°. Nous observons si le degré de plasmolyse ne subit aucune modification, ce qui est effectivement le cas, et ce qui ne serait pas si le pouvoir osmotique cellulaire subissait une modification quelque peu sensible.

CONCLUSIONS.

1. L'influence de la température sur la perméabilité du protoplasme vivant POUR L'EAU se manifeste surtout pendant les premiers moments de l'expérience.

2. En prenant pour mesure de la perméabilité pour l'eau la vitesse avec laquelle le phénomène se produit alors qu'il est le plus manifeste, nous trouvons :

a) Que la perméabilité du protoplasme augmente avec la température, et cela proportionnellement à celle-ci : approximativement de 0,05 par degré jusque vers 5°,
. . . . . de 0,43 à partir de cette dernière température jusque 18° environ, de 0,1 pour les températures supérieures à 18°;

b) Que les rapports entre la perméabilité du protoplasme pour l'eau à 0° et celle à 6°, 12°, 16°, 20°, 25°, 30° sont sensiblement : 1. . . . . 2, 4.5, 6, 7, 7.5, 8.

On arrive approximativement à des résultats analogues avec les différentes cellules mises en expérience et aussi par les différentes méthodes employées : le raccourcissement d'un tissu dans une solution plasmolysante, l'allongement dans l'eau d'un tissu plasmolysé, la détermination du temps que dure, chez une cellule, le phénomène de la plasmolyse ou celui de la « déplasmolyse ».

3. Contrairement à l'opinion de plusieurs botanistes, Schwendener notamment, la perméabilité du protoplasme pour l'eau n'est pas nulle à 0°.

4. La température exerce son influence sur la *rapidité* du mouvement de l'eau à travers le protoplasme, non sur

la *quantité totale* de liquide que la cellule est capable d'abandonner ou d'absorber.

5. Les variations de la perméabilité du protoplasme POUR LES SUBSTANCES DISSOUTES, suivant la température, se produisent dans le même sens que celle pour l'eau, et les rapports entre la perméabilité à 0° et celle aux autres températures sont les mêmes que ceux déterminés pour ce liquide.

6. Le protoplasme s'est montré perméable, à 0°, pour le KNO^3, la glycérine, l'urée, le bleu de méthylène, la caféine, le carbonate d'ammonium. L'opinion de Krabbe, d'après laquelle, à une température inférieure à 5°, le protoplasme ne se laisserait plus traverser que par l'eau, n'est donc pas fondée.

7. Le fait que la perméabilité du protoplasme augmente, sous l'influence de la température, plus fortement que ne le fait celle d'une membrane précipitée de ferrocyanure de cuivre, ne permet pas de voir, par cela seul, dans les changements de la perméabilité protoplasmique, une action vitale, comme Krabbe l'admet.

8. La perméabilité du protoplasme pour l'eau ne suppose pas, comme l'admet encore ce botaniste, l'existence d'un minimum d'excès osmotique ou d'un minimum de force de filtration au-dessous desquels le phénomène n'aurait plus lieu. La perméabilité se manifeste, comme pour les membranes précipitées de Pfeffer, pour tout excès osmotique, si faible soit-il, et pour toute force de filtration se rapprochant même de O. Dès lors, et à défaut d'un moyen pour mettre le fait en évidence, on

peut admettre que l'eau pure entre dans la cellule et en sort sans le concours d'un excès osmotique même très faible.

9. La constitution physique de la couche protoplasmique n'a pas d'influence sur la quantité totale d'eau que peut abandonner ou absorber une cellule.

10. La qualité de l'utricule protoplasmique n'a pas non plus d'influence sur la valeur de la pression osmotique cellulaire.

11. A l'inverse de ce que soutient Krabbe, une cellule dont le suc cellulaire est isotonique avec une solution donnée à une certaine température, demeure isotonique avec la même solution à toute autre température, *pourvu qu'il n'y ait point, par adaptation, de changement apporté à la composition du suc.* La pression osmotique cellulaire ne varie donc, comme celle d'une solution, que de $^1/_{273}$ par degré centigrade.

Le présent travail, entrepris sur le conseil de M. le professeur Pfeffer, a été fait, en grande partie, et en même temps que d'autres recherches, à son Institut de Leipzig, pendant le semestre d'hiver 1898-1899. Quelques-unes des expériences décrites ont été exécutées à l'Institut botanique de l'Université de Bruxelles.

Nous saisissons ici l'occasion pour remercier bien cordialement M. Pfeffer des précieux conseils qu'il n'a cessé de nous prodiguer, ainsi que de l'extrême bienveillance avec laquelle il a mis à notre disposition son merveilleux laboratoire et sa riche bibliothèque.

BIBLIOGRAPHIE.

1873. BARANETZKY, *Untersuchungen über d. Periodicität d. Blutens.* (ABHANDL. D. NATURFORS. GESELLSCH. ZU HALLE, Bd XIII.)

1876. BROSIG, *Die Lehre der Wurzelkraft.*

1896. COPELAND, *Ueber den Einfluss von Licht und Temperatur auf den Turgor.* (INAUG. DISSERT., Halle.)

1833. DE CANDOLLE, *Pflanzenphysiologie* (traduct. de Röper).

1874. DETMER, *Die Theorie der Wurzelkraft.* (MITTHEIL. A. D. GESAMMTGEBIETE DER BOTANIK, Bd I.)

1887. DETMER, *Beiträge zur Theorie des Wurzeldrucks.* (SAMMLUNGEN PHYSIOLOGISCHER ABHANDLUNGEN VON PREYER, Reihe I, Heft 8.)

1895. DIXON and JOLY, *The path of the transpiration-current.* (ANNALS OF BOTANY, Bd IX, p. 403.)

1764. DUHAMEL, *De l'exploitation des bois.*

1889. EBERDT, *Die Transpiration der Pflanzen und ihre Abhängigkeit von äusseren Bedingungen.*

1900. ERRERA, *Remarques sur la toxicité moléculaire de quelques alcools.* (BULL. DE LA SOC. ROY. DES SC. MÉDIC. ET NATUR. BRUXELLES, 1900, p. 25.)

1901. ERRERA, *Sur la* MYRIOTONIE *comme unité dans les mesures osmotiques.* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 1901, III, p. 135.)

1839. GÖPPERT, *Ueber Wärmeentwickelung in der Pflanzen.*

1748. HALES, *Statick der Gewächse.*

1862. HOFMEISTER, *Ueber Spannung, Ausflusmenge und Ausflusgeschwindigkeit von Säften lebender Pflanzen.* (FLORA, p. 97.)

1888. JANSE, *Die Permeabilität des Protoplasmas.* (VERSL. EN MEDEDEEL. D. KONINKL. AKAD. VAN WETENSCH. VAN AMSTERDAM, afdeel. Natuurkunde, reeks III, deel IV, bl. 332.)

1890. KIHLMAN, *Pflanzenphysiologische Studien aus Russisch-Lappland.*

1811. KNIGHT et TREVIRANUS, *Beiträge zur Pflanzenphysiologie.*

1896. KRABBE, *Ueber den Einfluss der Temperatur auf die osmotische Processe lebender Zellen.* (PRINGSHEIM'S JAHRB., Bd XXIX, p. 441.)

1886. KOHL, *Die Transpiration der Pflanzen.*

1895. KOLKWITZ, *Untersuchungen über Plasmolyse, Elasticität, Dehnung und Wachstum an lebenden Markgewebe.* (INAUG. DISSERT., Berlin.)

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

1897. KOSAROFF, *Einfluss verschiedener äusseren Factoren auf die Wasseraufnahme der Pflanzen.* (INAUG. DISSERT., Leipzig.)

1898 NERNST, *Theorische Chemie,* 2e Aufl.

1874. NÖRDLINGER, *Deutsche Forstbotanik,* I.

1877. PFEFFER, *Osmotische Untersuchungen,* Leipzig.

1886. PFEFFER, *Ueber Aufnahme von Anilinfarben in lebenden Zellen.* (UNTERS. A. D. BOT. INST. Tübingen, Bd II, p. 179.)

1890. PFEFFER, *Zur Kenntniss der Plasmahaut und der Vacuolen.* (ABHANDL. D. MATHEM.-PHYS. CL. D. KÖNIGL. SÄCHS. GESELLSCH. D. WISSENSCH., Bd XVI, p. 187.)

1897. PFEFFER, *Pflanzenphysiologie,* 2e Aufl.

1860 SACHS, *Beiträge zur Lehre von der Transpiration der Gewächse.* (BOT. ZEIT., p. 123.)

1892. SCHWENDENER, *Zur Kritik der neuesten Untersuchungen über das Saftsteigen.* (SITZUNGSBER. D. KÖNIGL. PREUSS. AK. D. WISSENSCH. ZU BERLIN, p. 911.)

1865. SCHRÖDER, *Untersuchungen der chemischen Constitution des Frühjahrssaftes der Birke,* etc. (ARCHIV FÜR D. NATURKUNDE LIV-EST- und KURLAND'S, 2e Serie, Bd VII.)

1870. SCHRÖDER, *Beiträge zur Kenntniss des Frühjahrsperiode des Ahorn.* (PRINGSHEIM'S JAHRB., Bd VII.)

1800. SENEBIER, *Physiologie végétale.*

1895. STENSTRÖM, *Ueber das Vorkommen derselben Arten in verschiedenen Standorten,* etc. (FLORA, Bd LXXX, p. 117; Nachtrag, IBID., p. 421.)

1899. VAN RYSSELBERGHE, *Réaction osmotique des cellules végétales à la concentration du milieu.* (MÉMOIRES PUBLIÉS PAR L'ACAD ROY. DE BELGIQUE, t. LVIII.)

1898. VAN RYSSELBERGHE, *Het osmotisch vermogen van plantencellen en de concentratie der omgevende vloeistof.* (HANDELINGEN VAN HET EERSTE VLAAMSCH NATUUR- EN GENEESKUNDIG CONGRES, GEHOUDEN TE GENT IN 1897.)

1877. VESQUE, *De l'influence de la température du sol sur l'absorption de l'eau par les racines.* (ANN. DES SC. NATUR., sér. VI, t. VI, p. 237.)

1893. WIELER, *Das Bluten der Pflanzen.* (COHN'S BEITRÄGE, Bd VI, p. 1.)

Contribution à l'étude du nitrate d'uranium et du sulfate d'uranium; par M. Oechsner de Coninck, professeur à l'Université de Montpellier (*).

Je me suis proposé de reprendre l'étude de l'influence de la chaleur sur le nitrate et sur le sulfate uraniques, avec des sels très purs, fraîchement préparés et exempts de sels basiques.

Je demande à l'Académie royale des sciences de Belgique de bien vouloir accorder un accueil favorable à ces modestes recherches.

I. — Nitrate d'uranium.

Lorsque le nitrate d'uranium pur a été exposé à une atmosphère sèche pendant trois ou quatre jours, il conserve exactement trois molécules d'eau de cristallisation. Chauffé à 100° pendant quelques heures, il perd une molécule d'eau. Mais si on l'abandonne pendant vingt-quatre jours au-dessus de l'acide sulfurique, il cède cette molécule d'eau *plus difficilement* à 100°. Au bout de deux heures et demie, il perd $\frac{1}{3}H^2O$; au bout de cinq heures et demie, il perd en tout $\frac{2}{3}H^2O$. Au bout de huit heures seulement, il perd en tout H^2O.

Vient-on à exposer à l'air humide le sel $AzO^5(UO) + 2H^2O$, obtenu comme il vient d'être dit, il reprend assez

(*) Ces recherches ont été faites à l'Institut de chimie de la Faculté des sciences de Montpellier.

rapidement H^2O, puis il absorbe une certaine quantité d'humidité. Les analyses donnent, en effet :

$$[AzO^3(UO) + 3H^2O] + \frac{1}{6} H^2O.$$

Le nitrate d'uranium à $3H^2O$ perd sa seconde molécule d'eau entre 100° et 115°, et sa troisième entre 115° et 130°.

Une fois qu'il a été exposé à une atmosphère sèche, le nitrate d'uranium ne commence à fondre que vers 82°-83°. La fusion est complète au-dessus de 100 à 105°. Vers 165°, l'acide nitrique commence à se séparer. Jusqu'à 245°, il ne se forme pas de vapeurs nitreuses. Celles-ci n'ont paru, dans mes expériences, que vers 255°, ce qui est sensiblement concordant avec les observations de Jacquelain. On peut donc représenter la décomposition pyrogénée du nitrate d'uranium par les équations suivantes :

Première phase : $2[AzO^3(UO)] + H^2O = U^2O^3 + 2AzO^3H$;

Deuxième phase : $2[AzO^3(UO)] = U^2O^3 + Az^2O^4 + O$.

La calcination modérée et progressive du nitrate d'uranium fournit, comme on sait, le sesquioxyde orange, U^2O^3, ou ses hydrates : $U^2O^3,2H^2O$ et U^2O^3,H^2O, qui sont jaunes.

J'ai soumis la modification orange, U^2O^3, à un premier traitement par l'eau bouillante, afin d'enlever les sels basiques, puis à une calcination qui a été maintenue *au rouge sombre* pendant vingt-six heures. Cette calcination était exécutée dans une capsule, c'est-à-dire à l'air libre. Au bout de dix-huit heures environ, j'ai remarqué

que la masse devenait rouge clair, pour redevenir orangée par le refroidissement. Après vingt-six heures, une notable partie était transformée en oxyde rouge, restant rouge après refroidissement.

Cet oxyde rouge donne à l'analyse des nombres conduisant à la formule U^2O^3; il constitue donc une modification spéciale, vraisemblablement polymérique, du sesquioxyde orange.

La calcination brusque du nitrate d'uranium m'a fourni la même modification, se présentant sous la forme d'une poudre rouge clair (*).

Densités des solutions du nitrate d'uranium dans HBr ($d = 1.21$).

TEMPÉRATURES.	QUANTITÉS °/₀ du sel dissous.	DENSITÉS par rapport à HBr.	DENSITÉS par rapport à l'eau.
+ 16°,8	1	1.0016	1.2122
+ 15°,2	2	1.0055	1.2168
+ 17°,4	3	1.0080	1.2198
+ 14°,7	4	1.0122	1.2250
+ 15°,3	5	1.0164	1.2305

(*) J'ai fait connaître, dans une note parue aux *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, les réactions principales qui différencient la modification rouge d'avec la modification orange. Cette note, très courte, a paru dans le n° 4 de la présente année (séance du 28 janvier 1901).

Chaleur spécifique d'une solution aqueuse à 10 °/₀ du nitrate d'uranium :

Trouvé : 0.946.

Indices de réfraction de quelques solutions aqueuses de nitrate d'uranium :

a) Solution à 8 °/₀ . . . . n = 1.338
b) Solution à 10 °/₀ . . . . n = 1.348
c) Solution à 12 °/₀ . . . . n = 1.364

II. — Sulfate d'uranium.

Le sulfate d'uranium pur renferme bien trois molécules d'eau de cristallisation; à 100° il perd environ $1.5H^2O$; il faut le porter à 110-115° pour lui faire perdre en plus $0.5H^2O$. La troisième molécule d'eau ne se sépare qu'au-dessus de 175°, température moins élevée que celle indiquée par Ebelmen.

Le sulfate à une molécule d'eau regagne assez rapidement $2H^2O$ pour donner le sel normal $SO^4(UO)^2 + 3H^2O$, lorsqu'on l'expose à une atmosphère humide. Calciné au rouge sombre, le sulfate normal abandonne son eau d'abord, puis il se sépare une certaine proportion de SO^3; finalement, il y a départ de $SO^2 + O$. Le résidu dans ce cas est constitué par du sesquioxyde orange, U^2O^3, mélangé avec un peu d'oxyde uranoso-uranique vert. On a donc :

Première phase : $SO^4(UO)^2 = \begin{cases} U^2O^3 + SO^3 \\ U^2O^3 + SO^2 + O. \end{cases}$

Deuxième phase : $3U^2O^3 = \underset{\text{Oxyde vert.}}{2(U^3O^4)} + O.$

Lorsque la calcination du sulfate normal est brusque et rapide, il se dégage de l'anhydride sulfureux et de l'oxygène, et il se produit tantôt de l'oxyde vert, tantôt de l'oxyde noir :

$$2(U^2O^3) = \underset{\text{Oxyde noir.}}{U^4O^5} + O.$$

En terminant, je ferai remarquer que dans les calcinations des composés et sels divers de l'uranium, à température élevée, il se fait toujours un mélange d'oxyde vert et d'oxyde noir. Ce mélange, à l'analyse, ne fournit naturellement pas des nombres parfaitement concordants. De là vient qu'un certain nombre d'auteurs ont considéré les deux formules U^3O^4 et U^4O^5 comme approximatives. D'après mes dernières recherches et mes analyses les plus récentes, ces deux formules doivent être maintenues.

OUVRAGES PRÉSENTÉS.

De Heen (*P.*). Les légendes du point critique. Liége, 1901; in-8° (10 p.).

Laurent (*Émile*). De l'influence du sol sur la dispersion du gui et de la cuscute en Belgique. Bruxelles, 1901 ; extr. in-8° (60 p., 5 pl. et 2 cartes).

Simoens (*G.*). La faille d'Haversin. Bruxelles, 1901 ; extr. in-8° (10 p. et 1 carte).

— La faille de Walcourt. Bruxelles, 1900; extr. in-8° (4 p. et 1 carte).

BRUXELLES. *Ministère des Finances et des Travaux publics.*

Administration des Monnaies de Belgique. Rapport du Commissaire des Monnaies, 1re année, 1900.

État Indépendant du Congo. Annales de botanique, série I, tome I, fascicule 7. Bruxelles ; in-4°.

—

ALLEMAGNE ET AUTRICHE-HONGRIE.

Starke (Johannes). Globulin als Alkali-Eiweissverbindung. Munich, 1900 ; extr. in-8° (28 p.).

— Ueber Transformation von Albumin in Globulin. Munich, 1900 ; extr. in-8° (32 p.).

— Ueber die Beziehungen der Neutralsalze zur Hitzegerinnung des Albumins. Munich, 1897 ; extr. in-8° (15 p.).

MUNICH. *K. bayer. Akademie der Wissenschaften.* Festrede : Die akademische Kommission für Erforschung der Urgeschichte und die Organisation der urgeschichtlichen Forschung in Bayern durch König Ludwig I. (Johannes Ranke.) 1900 ; in-4°.

GORLITZ. *Gesellschaft der Wissenschaften.* Neues lausitzisches Magazin, 76. Band, 1900. — Codex diplomaticus Lusatiae superiori II. 1900.

COLMAR. *Naturhistorische Gesellschaft.* Mittheilungen, Band V, 1899-1900.

GRAZ. *Naturwissenchaftlicher Verein.* Mittheilungen, 1899.

LINZ. *Museum Francisco-Carolinum.* 58. Jahresbericht. 1900.

BERLIN. *Kön. technische Hochschule.* Die Hundertjahrfeier der Hochschule zu Berlin. 18-21 October 1899. 1900 ; in-4°.

VIENNE. *K. k. central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus.* Jahrbücher, Band XXXV und XXXVI. 1900 ; in-4°.

DÜRKHEIM. *Naturwissenchaftlicher Verein.* Mitteilungen der Pollichia, N° 13, 1900.

NEISSE. *Wissenschaftliche Gesellschaft : Philomathie.* 30. Bericht, 1898-1900.

—

ITALIE.

Battaglia-Rizzo (*Fr.*). Cenno geologico. Relazione topografica di Roccapalumba. Catane, 1899 ; in-18° (12 p.).

— Brevi cenni sulle antichita di Sicilia e di Roma. Catane, 1894; in-18°.

— Inaugurazione del monumento a Francesco Brioschi nel R. Instituto tecnico superiore di Milano, XIII dicembre MDCCCC. Milan, 1901; in-8° (54 p.).

PAYS DIVERS.

Flora Batava, aflevering 329-332 (Van Eeden en L. Vuyck). Harlem, 1900; in-4°.

Pekelharing (*C.-A.*) en *Zwaardemaker*. Onderzoekingen gedaan in het physiologisch Laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool, 5de reeks, II, 2de aflevering. Utrecht, 1901.

Fritsche (*Dr H.*). Die Elemente des Erdmagnetismus und ihre saecularen Aenderungen während des Zeitraumes 1550 bis 1915, Publication III. Saint-Pétersbourg, 1900; in-8° (62 p.).

Markoff (*A.*) et *Sonin* (*N.*). OEuvres de P.-L. Tchebychef, tome I. Saint-Pétersbourg, 1899; in-4° (714 p., portrait).

MOSCOU. *Musée Roumiantzoff*. Compte rendu pour 1899.

TIFLIS. *Administration des Mines du Caucase*. Matériaux pour la géologie du Caucase, 3e sér., II, 1899.

SAINT-PÉTERSBOURG. *Observatoire physique central*. Annales, 1897; in-4°.

STOCKHOLM. *Académie royale des sciences*. Observations météorologiques, 1895; in-4°.

CHRISTIANIA. *Kongl. Norske Universitet*. Aarsberetning, 1898-1899; in-18.

COIRE. *Naturforschende Gesellschaft*. Jahresbericht, neue Folge, Band XLIII, 1900.

BERGEN. *Museum*. Aarbog og Aarsberetning for 1900. 1901; in-8°.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1901. — N° 4.

Séance du 30 mars 1901.

M. Jos. De Tilly, directeur.

M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Éd. Van Beneden, *vice-directeur;* G. Dewalque, Brialmont, Éd. Dupont, C. Malaise, F. Folie, Fr. Crépin, Ch. Van Bambeke, G. Van der Mensbrugghe, W. Spring, Louis Henry, M. Mourlon, P. De Heen, C. Le Paige, Ch. Lagrange, F. Terby, J.-B. Masius, J. Neuberg, A. Lancaster, L. Errera, *membres;* Ch. de la Vallée Poussin, *associé;* Pol. Francotte et Paul Pelseneer, *correspondants.*

CORRESPONDANCE.

—

M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique transmet une ampliation de l'arrêté royal, en date du 18 mars, acceptant le legs fait à la Classe des sciences par le baron Edmond-Michel de Selys Longchamps, d'une rente annuelle de 500 francs pour la fondation de prix à décerner à des ouvrages concernant la faune de Belgique.

La Classe nomme MM. Van Beneden, Plateau et Pelseneer pour lui présenter un projet de règlement, en vue d'assurer les intentions du testateur.

— Le même Ministre renvoie le règlement arrêté en vue d'assurer l'exécution de la fondation faite par Mme Veuve Melsens, d'un prix perpétuel à la mémoire de son mari, et ajoute que ce règlement ne donne lieu de sa part à aucune observation.

— M. le Ministre de l'Intérieur envoie, pour la bibliothèque de l'Académie, un exemplaire des ouvrages suivants :

Étude des différents états fonctionnels de la cellule nerveuse corticale au moyen de la méthode de Nissl; par Paul van Durme;

Recherches expérimentales sur les localisations motrices médullaires chez le chien et le lapin; par C. De Neef.

— Remerciements.

— M. le Ministre des Finances et des Travaux publics adresse un exemplaire des *Diagrammes des variations de niveau de la mer au port d'Ostende,* année 1899.

— Remerciements.

— Hommages d'ouvrages :

1° *Sur la découverte d'un oursin d'âge crétacé dans le Sahara oriental;* par A. de Lapparent, associé;

2° *Sur l'origine de la tortue Luth;* par L. Dollo;

3° *La carte lithologique de la partie méridionale de la mer du Nord;* par C.-J. van Mierlo;

4° *Les théories relatives à l'origine du pétrole;* par C. Klément.

— Remerciements.

— Travaux manuscrits renvoyés à l'examen :

1° *Résolution graphique des cristaux* (2° partie); par G. Cesàro. — Commissaires : MM. J. Neuberg et Ch. de la Vallée Poussin père;

2° *Sur la résolution générale des équations;* par M. Michaux, géomètre à Jambes lez-Namur. — Commissaire : M. Lagrange;

3° *Solution complète du problème de l'équilibre d'un corps solide qui n'a d'autre liberté que celle de tourner autour de la droite joignant deux points fixes;* par Eug. Ferron. — Commissaires : MM. Le Paige, Lagrange et De Tilly.

PRIX MELSENS

POUR LA CHIMIE OU LA PHYSIQUE APPLIQUÉES.

—

Fondation.

—

LÉOPOLD II, ROI DES BELGES,

A TOUS PRÉSENTS ET A VENIR, SALUT.

Vu l'extrait délivré par le notaire Grosemans, de résidence à Bruxelles, du testament de Mme Veuve Melsens, extrait portant :

« Voulant réaliser ce que je considère comme un devoir sacré et pour perpétuer, autant qu'il est en mon pouvoir, le souvenir de mon mari bien-aimé Louis-Henri-Frédéric Melsens, et donner à sa mémoire un dernier témoignage d'affection et de gratitude, je donne et lègue à l'État belge, libre de droits de succession :

» 1° Pour l'Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique, une somme de quinze mille francs, dont les intérêts accumulés seraient consacrés à la fondation d'un prix Melsens.

» Dans ma pensée, ce prix sera décerné tous les quatre ans à l'auteur belge qui aura soumis au jugement de l'Académie un ouvrage remarquable se rapportant à la chimie ou à la physique appliquées. »

Considérant que l'Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique, dont il s'agit, forme un établissement public dont la personnification se confond avec celle de l'État;

Vu les articles 910 et 937 du Code civil;

Sur la proposition de notre Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique;

NOUS AVONS ARRÊTÉ ET ARRÊTONS :

ARTICLE PREMIER. — Notre Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique est autorisé à accepter, au nom de l'État, le legs fait à l'Académie royale de Belgique par Mme Veuve Melsens et aux fins indiquées par la testatrice.

ART. 2. — L'Académie proposera à Notre Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique les mesures nécessaires à l'accomplissement de la disposition testamentaire ci-dessus relatée.

ART. 3. — Notre Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique est chargé de l'exécution du présent arrêté.

Donné à Bruxelles, le 26 mai 1900.

(*signé*) LÉOPOLD.

Par le Roi :

Le Ministre de l'Intérieur
et de l'Instruction publique,

(*signé*) J. DE TROOZ.

Règlement.

ARTICLE PREMIER. — Conformément aux intentions de la fondatrice, il est institué, sous la dénomination de *Prix Louis Melsens*, un prix à décerner par la Classe des sciences, tous les quatre ans, à l'ouvrage le plus remarquable se rapportant à la *chimie* ou à la *physique appliquées*.

ART. 2. — Sont seuls admis les travaux imprimés ou manuscrits, d'auteurs belges ou naturalisés, soumis au jugement de l'Académie.

ART. 3. — Ces travaux doivent être rédigés en français ou en flamand.

ART. 4. — Les travaux imprimés présentés pour un concours doivent avoir été publiés pendant la période quadriennale que comprend ce concours.

Si un ouvrage présenté, imprimé ou manuscrit, fait partie d'un travail dont le commencement a paru antérieurement, l'ensemble est admis au concours.

Toutefois, si une partie a déjà été couronnée, elle ne pourra plus être prise en considération.

ART. 5. — Le prix ne pourra pas être partagé.

Si le prix n'a pas été décerné, la Classe pourra en ajouter le montant au capital, ou majorer le prix de la période suivante, selon qu'elle le jugera utile.

ART. 6. — L'auteur d'un travail manuscrit présenté pour le concours peut se faire connaître; sinon, il doit inscrire son nom dans un pli cacheté portant extérieurement une devise reproduite sur le manuscrit.

Art. 7. — Le prix attribué à un ouvrage manuscrit ne sera délivré à l'auteur que contre présentation d'un exemplaire imprimé de son travail.

Art. 8. — Le résultat du concours sera proclamé dans la séance publique de la Classe des sciences de l'Académie.

Art. 9. — Les périodes quadriennales commencent au 1er juillet et finissent au 30 juin de la quatrième année suivante.

Art. 10. — Les ouvrages destinés au concours doivent être adressés, franc de port, à M. le Secrétaire perpétuel de l'Académie, au Palais des Académies, avant la fin de chaque période.

Dispositions spéciales.

(Première période, 1900-1904.)

Article premier. — Cette période, commencée le 1er juillet 1900, prendra fin le 30 juin 1904.

Art. 2. — La valeur du prix Louis Melsens est fixée pour cette période à *dix-sept cent vingt* francs.

Art. 3. — Les travaux sur lesquels portera ce concours doivent être remis, franc de port, au secrétariat de l'Académie avant le 30 juin 1904.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

—

Sur quelques dérivés éthyléniques; par Louis Henry, membre de l'Académie.

Au cours de recherches qui se poursuivent dans mon laboratoire concernant l'action comparative des hydracides halogénés sur les éthers, les oxydes, etc., en chimie organique, j'ai eu l'occasion de faire réagir l'acide bromhydrique gazeux sur divers éthers d'alcools polyatomiques. Les faits qui ont été constatés en ce qui concerne la *diacétine éthylénique* me paraissent présenter un grand intérêt au point de vue pratique. C'est à ce titre que je les détache de l'étude générale, dont ils constituent une petite partie, pour les faire connaître dès à présent.

§ I. — La *diacétine éthylénique* $C_2H_4(C_2H_3O_2)_2$ absorbe, à la température ordinaire, l'acide bromhydrique gazeux et sec, avec la même énergie et la même rapidité que l'eau. Sans changer d'aspect, le liquide s'échauffe considérablement et augmente notablement de volume.

L'intensité de cette absorption et de la réaction chimique qui l'accompagne contraste vivement avec l'inertie relative que manifeste le même acide à l'égard de deux composés voisins du *diacétate d'éthylène* : l'*acétate d'éthyle* $H_3C - CH_2(C_2H_3O_2)$ et le *diacétate éthylidénique* $H_3C - CH(C_2H_3O_2)_2$.

Voici le détail d'une opération : 75 grammes de diacé-

tine, soit une demi-molécule, ont été, sans refroidir, saturés d'acide bromhydrique gazeux et sec (*). La température s'est élevée de 17° à 18° jusqu'à 90°. Le volume du liquide, qui était à l'origine de 70 centimètres cubes, s'est élevé, après son refroidissement jusqu'à 18°, jusqu'à 87 centimètres cubes; immédiatement après la saturation, alors que le thermomètre marquait encore 80°, il était de 93 centimètres cubes. Quant au poids, il atteignait 120 grammes, alors que, théoriquement, par suite de l'absorption d'une demi-molécule-gramme d'acide HB_2, il ne devait être que de 115 grammes. Il faut ajouter que la masse liquide fumait abondamment et tenait en dissolution de l'acide bromhydrique comme tel.

On voit que, dans ces conditions, la diacétine éthylénique absorbe une molécule d'acide bromhydrique.

L'action de l'eau suffit pour constater que celui-ci a déterminé une modification profonde dans la nature du composé éthylénique qui l'a condensé. La diacétine se dissout aisément dans l'eau; après avoir absorbé de l'acide bromhydrique, elle y est devenue insoluble, en partie.

Les produits de la réaction sont en effet de l'acide acétique et du bromo-acétate d'éthylène $C_2H_4 - (C_2H_3O_2)Br$.

$$\begin{array}{l} H_2C - C_2H_3O_2 \\ | \\ H_2C - C_2H_3O_2 \end{array} + HBr = \begin{array}{l} H_2C - Br \\ | \\ H_2C - (C_2H_3O_2) \end{array} + H - C_2H_3O_2.$$

L'acide acétique bouillant à 116° et la bromo-acétine

(*) Aucun gaz n'est plus facile à préparer que HBr. On fait tomber du brome sec sur de la naphtaline; le gaz qui s'en échappe est dépouillé de toute trace de brome en passant au travers d'une éprouvette à pied remplie de balles de naphtaline fondue.

éthylénique un peu au delà de 160° sous la pression ordinaire, il est aisé de séparer ces deux corps par quelques distillations fractionnées successives.

Des 120 grammes du produit brut de l'opération dont je viens d'exposer la marche, on a retiré, par la distillation jusqu'à 150°, 34 grammes, et de 150° à 165°, 80 grammes, au lieu de 30 grammes pour l'acide acétique et 82 grammes pour la bromo-acétine éthylénique.

Les produits obtenus dans cette opération sont remarquables de pureté. L'acide acétique l'est à ce point qu'il se prend aisément en cristaux par un léger abaissement de température. Quant au rendement, il est, comme on le voit, de ceux qui s'approchent, en fait aussi bien qu'en théorie, de l'intégralité.

On a trouvé dans la bromo-acétine éthylénique ainsi préparée 48.09 et 48.15 °/₀ de brome. La formule en demande 47.90.

§ II. — Le *bromo-acétate d'éthylène* $H_4C_2(C_2H_3O_2)Br$ constitue un liquide mobile, incolore et restant comme tel dans les conditions ordinaires d'éclairage, d'une odeur fraîche, agréable, d'une saveur douce et brûlante tout à la fois.

Sa densité à 9° est égale à 1.524.

Le bromo-acétate d'éthylène se congèle aisément en une masse cristalline formée de grandes aiguilles dans le mélange de neige carbonique et d'éther. La masse solide se fond à - 13°,8.

Il bout sans décomposition à 162°-163° sous la pression de 769 millimètres, toute la colonne mercurielle dans la vapeur.

Le brome du composant H_2C - Br jouit, dans le bromo-

acétate d'éthylène, d'aptitudes réactionnelles plus intenses que dans le bromure d'éthyle $H_3C - CH_2Br$ correspondant.

Il fait aisément la double décomposition avec l'eau pour donner de la monobromhydrine éthylénique. Il en est de même des alcools méthylique, éthylique, etc.

Sa réaction avec divers composés métalliques est rapide, même à la température ordinaire. Avec les sels potassiques des acides gras notamment, et même avec le formiate, il fournit, d'une manière très nette, des *acétines mixtes* $(C_2H_3O_2)CH_2 - CH_2(C_nH_{2n-1}O_2)$. Je reviendrai, dans une communication spéciale, sur ces composés qui présentent, à divers points de vue, un véritable intérêt.

J'ajouterai encore que, quoique formé sous l'influence directe de l'acide bromhydrique gazeux, le bromo-acétate d'éthylène ne manifeste que de l'indifférence pour ce réactif. Celui-ci ne s'y dissout pas et n'y est absorbé que fort peu, contrairement à ce qui se passe avec le diacétate d'éthylène.

La *bromo-acétine éthylénique* n'est pas un composé inconnu. Elle a été obtenue, dès 1874 (*), par M. E. Demole, par l'action prolongée de l'acide bromhydrique à chaud sur la *monoacétine éthylénique* $(HO)CH_2 - CH_2(C_2H_3O_2)$. M. Demole ne s'est guère arrêté à ce composé, dont il ne donne qu'une description fort sommaire. Depuis cette époque, il n'en a plus été question.

La *bromo-acétine éthylénique* est isomère avec le *bromo-acétate d'éthyle*

$$\begin{array}{l} Br\,CH_2 - CH_2 - (O) - CO - CH_3 \\ \quad CH_3 - CH_2(O) - CO - CH_2\,Br. \end{array}$$

(*) *Liebig's Annalen der Chemie*, t. CLXXIII, p. 121.

Ces deux corps sont extérieurement analogues et très voisins en ce qui concerne les propriétés qui sont en relation directe avec le poids moléculaire, telles que la densité à l'état liquide et la volatilité. A 9°, la densité du bromo-acétate d'éthyle est 1.520, et ce corps bout à 160°, sous la pression de 770 millimètres, toute la colonne mercurielle dans la vapeur. Mais la différence de position du fragment $BrCH_2$ vis-à-vis du composant $> CO$ détermine entre eux des différences considérables sous certains rapports :

1° Au point de vue *physique*.

a) Quant à l'odeur. La bromo-acétine exhale une odeur fraîche, éthérée, tandis que le bromo-acétate d'éthyle pique et fait larmoyer, à la façon des corps qui renferment fort rapprochés les systèmes $> CO$ et $- \overset{|}{C}Br$.

b) Quant à la *congélabilité* et la *fusibilité*. Le bromo-acétate d'éthyle se congèle aisément aussi en une masse cristalline blanche dans le mélange de neige carbonique et d'éther. Mais la masse solide se fond plus aisément que celle de son isomère; son point de fusion m'a paru être situé à - 38°.

2° Au point de vue *chimique*. Quant à l'aptitude réactionnelle du brome dans le composant $BrCH_2$

$$Br\,CH_2 - CH_2 - (O) - CO - CH_3.$$

$$Br\,CH_2 - CO - (O) - CH_2 - CH_3.$$

Quelque intense que soit cette aptitude dans la *bromo-acétine* éthylénique, elle l'est encore davantage dans le bromo-acétate d'éthyle, à cause du voisinage plus immédiat du composant oxygéné $OC - O$. J'ai fait voir ces diffé-

rences en ce qui concerne le chlore dans le *chloro-acétate d'éthyle monochloré* biprimaire (*) $\begin{matrix} ClCH_2 - CH_2 \\ ClCH_2 - CO \end{matrix} > O$.

§ III. — L'*iodo-acétate d'éthylène* $IH_2C - CH_2(C_2H_3O_2)$. On l'obtient aisément par la réaction du *bromo-acétate* sur l'iodure de sodium.

Voici le détail d'une opération : 73 grammes de *diacétine éthylénique,* soit une demi-molécule, ont été saturés d'acide bromhydrique gazeux, en quantité justement nécessaire. On y a ajouté immédiatement après 75 grammes d'iodure de sodium sec, pulvérulent. Celui-ci se dissout en grande partie. La liqueur brunit. On a chauffé la masse, dans un ballon, au bain de sable, pendant environ une heure à l'ébullition.

Il s'est fait au sein de la liqueur fortement brune une précipitation de bromure potassique. Après refroidissement, par l'addition de l'eau pour dissoudre les sels et l'acide acétique, il se précipite une huile lourde, de couleur foncée. On en recueille 100 grammes. Celle-ci étant de l'iodo-acétate d'éthylène, il en aurait fallu 107 grammes. Après un lavage à SO_2 aq pour la décolorer, il en restait 80 grammes. Après dessiccation à l'aide de $CaCl_2$, on les distille sous pression raréfiée. Sous une pression de 60 millimètres, ce composé a bouilli d'une manière constante à 110°. C'est de l'*iodo-acétate éthylénique.*

On y a trouvé 59.50 % d'iode. La formule $ICH_2 - CH_2 (CH_3O_2)$ en demande 59.34 %.

Je suis persuadé que la réaction du bromo-acétate d'éthylène, lui-même et seul, fournirait des résultats plus avantageux encore.

(*) *Comptes rendus,* etc., t. XCVII, p. 1308, année 1883.

L'*iodo-acétate d'éthylène* constitue un liquide incolore, brunissant légèrement à la lumière, d'une saveur piquante, d'une agréable odeur fraîche. Sa densité à 20° est égale à 2.441. Il bout sans décomposition sensible à 184° fixe sous la pression de 748 millimètres, et à 110° sous la pression de 60 millimètres. Il se congèle aisément par le froid.

On en obtient facilement de l'*iodhydrine éthylénique* $(HO)C_2H_4I$ sous l'action de l'eau ou mieux de l'alcool méthylique. (Voir plus loin.)

D'une manière générale, l'iode du système $I\underset{|}{C}H_2$ présente dans ce corps une grande aptitude réactionnelle. L'acide iodhydrique gazeux transforme ce composé en iodure d'éthylène, ainsi que l'a reconnu M. Simpson, qui a mis au jour ce composé en 1860 (*). Il l'a obtenu par l'acide de HI gazeux sur un mélange équimoléculaire de glycol et d'acide acétique. La description qu'il en donne est des plus sommaires.

§ IV. — *Monobromhydrine éthylénique* $(HO)CH_2-CH_2Br$. La monobromhydrine s'obtient aisément par l'action de l'eau ou des alcools inférieurs sur le bromo-acétate d'éthylène.

J'ai obtenu les meilleurs résultats de l'emploi de l'alcool méthylique.

Voici le détail d'une opération : On a chauffé au bain d'eau, dans un appareil à reflux, 83 grammes de bromo-acétate d'éthylène, soit une demi-molécule-gramme, avec 50 grammes d'alcool méthylique ordinaire, desséché au

(*) *Liebig's Annalen der Chemie*, t. CXIII, p. 123.

préalable sur du carbonate de potassium et rectifié. C'est trois fois plus que la quantité théoriquement nécessaire.

Après moins d'une heure de chauffe, l'addition de l'eau à une partie du liquide ne déterminant plus aucune précipitation, on a conclu que la réaction était terminée.

Soumis à la distillation, le liquide a commencé à bouillir vers 50°. Il passe d'abord de l'acétate de méthyle et de l'alcool méthylique. De 140° à 150°, mais surtout vers 146°-147°, il passe de la monobromhydrine éthylénique. On a recueilli finalement 52 grammes passant à ces températures, ce qui correspond à un rendement d'environ 88 %.

Dans une autre opération, on a chauffé aussi 85 grammes de bromo-acétine éthylénique avec 32 grammes d'alcool méthylique — soit le double seulement de la quantité théoriquement nécessaire — préalablement desséché à l'aide de la chaux vive. Il a fallu chauffer dans les mêmes conditions pendant plus longtemps. Après deux heures, la réaction était terminée. On a recueilli à la distillation 57 grammes de monobromhydrine passant de 140° à 150°, au lieu de 62 grammes, qui représentent la quantité théoriquement nécessaire, soit un rendement d'environ 91 %.

L'expérience a constaté qu'il n'est pas nécessaire d'employer une proportion plus considérable d'alcool méthylique. Dans une opération où l'on avait chauffé 85 grammes de bromo-acétine avec 100 grammes d'alcool méthylique du commerce, anhydre, mais sans dessiccation spéciale au préalable, la réaction n'a été ni plus rapide ni plus avantageuse quant au rendement.

L'expérience a constaté également qu'il n'est pas possible de remplacer l'alcool méthylique par l'alcool

éthylique, même aqueux. Sans doute, il réagit aussi en donnant de la monobromhydrine éthylénique et en se transformant en acétate d'éthyle, mais sa réaction est beaucoup plus lente, sans fournir un rendement meilleur. Des faits du même genre ont été constatés quant à l'action de ces alcools sur la diacétine éthylénique elle-même (*).

On remarquera que, dans ces réactions des alcools, le composant acétate H_2C - $(C_2H_3O_2)$ est seul affecté.

L'action de l'*eau* elle-même sur la bromo-acétine éthylénique est plus rapide que celle de l'alcool méthylique. Il en résulte également de la monobromhydrine éthylénique; mais le rendement de l'opération est moins avantageux qu'avec l'alcool méthylique parce que l'eau, spécialement en présence de l'acide acétique libre, porte également son action sur le côté éther haloïde $BrCH_2$ pour déterminer finalement du glycol.

Dans une opération, on a chauffé au bain de sable 41 grammes de bromo-acétine, soit un quart de molécule, avec 31 grammes d'eau, ce qui équivaut à 8 molécules. Après quinze minutes d'ébullition, les deux tiers des acides HBr et $C_2H_4O_2$ étaient mis en liberté; après une demi-heure, leur expulsion était totale.

Dans une des premières opérations réalisées de cette manière, on a chauffé 167 grammes de bromo-acétine, soit une molécule, avec 100 grammes d'eau, ce qui représente presque 6 molécules. Après quinze minutes de caléfaction au bain d'eau, toute la quantité de bromo-

---

(*) Voir ma notice *Sur la préparation du glycol éthylénique* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, t. XXXII (3), p. 402, année 1896).

acétine avait disparu et était entrée en solution. La neutralisation de cette liqueur acide a déterminé la précipitation d'un liquide insoluble, qui a été de nouveau chauffé avec 100 grammes d'eau. Sa disparition a été rapide. De la liqueur neutralisée par le carbonate potassique, on a extrait la monobromhydrine formée par l'éther. On en a retiré ainsi 80 grammes au lieu de 125, qui constituaient le rendement intégral. Cette quantité correspond à 64 °/₀ du rendement théorique.

Des eaux mères provenant de différentes opérations, on est parvenu à retirer une cinquantaine de grammes de glycol. On voit que la quantité de ce composé qui se forme dans ces circonstances est loin d'être négligeable.

En résumé, on obtient aisément la monobromhydrine éthylénique en chauffant pendant quelque temps la monobromo-acétine éthylénique avec de l'alcool méthylique.

La monobromhydrine que l'on obtient ainsi est remarquable de pureté. Elle bout à la température de 149°-150°, sous la pression de 750 millimètres, toute la colonne mercurielle dans la vapeur. Sa densité à 17° est 1.685.

On y a trouvé 64.15 et 63.97 °/₀ de brome. La formule en demande 64 °/₀.

J'ai déjà fait connaître avec quelle facilité et quelle rapidité s'obtient la *diacétine éthylénique* dans la réaction du bibromure d'éthylène sur l'acétate potassique fondu en présence de l'acide acétique glacial.

On vient de voir combien il est aisé de transformer cette diacétine en *bromo-acétine* et celle-ci en *monobromhydrine éthylénique*. La monobromhydrine, à laquelle

on arrive aisément et avantageusement par cette voie, me paraît appelée à jouer un rôle important dans la préparation d'un grand nombre de dérivés éthyléniques. Je ne doute pas qu'elle fasse prochainement son apparition dans les catalogues des produits chimiques scientifiques, où l'on ne trouve à présent que la *monochlorhydrine* à un prix vraiment exorbitant (*).

Il n'est personne qui ne pensera à passer directement du *bibromure d'éthylène* à la *bromo-acétine éthylénique*. Celle-ci devrait être le produit de la réaction du bibromure sur l'acétate potassique à molécules égales.

$$BrCH_2 - CH_2Br + KC_2H_3O_2 = BrCH_2 - CH_2(C_2H_3O_2) + KBr.$$

On voit parfois, en effet, le bibromure $C_2H_4Br_2$ donner lieu à des réactions incomplètes de cette sorte, notamment avec le pentachlorure d'antimoine, qui le transforme en *chloro-bromure éthylénique* $ClCH_2$-CH_2Br (**).

Il est regrettable que les choses ne se passent pas ainsi avec l'acétate potassique. Quelle qu'en soit la quantité employée, sa réaction sur le bibromure de potassium, en présence de l'acide acétique, est toujours complète. L'expérience directe en a été faite à diverses reprises. Voici le résultat précis de l'une des opérations qui ont été réalisées dans ce but.

On a chauffé au bain de sable, dans un ballon muni d'un tube réfrigérant, une molécule de bibromure

---

(*) 62 M. les 100 grammes (Kahlbaum).

(**) LÖSSNER, *Journal für praktische Chemie*, t. XIII (2), p. 421, année 1876.

d'éthylène avec une molécule d'acétate potassique, préalablement fondu, en fragments, plus une trentaine de grammes d'acide acétique glacial. La réaction est terminée après une bonne demi-heure, et toute la masse liquide remplie de bromure potassique pulvérulent. Le tout a d'abord été soumis à la distillation au bain d'air, à la fin, sous pression réduite. Du liquide ainsi obtenu, on a obtenu, par la distillation fractionnée, 64 grammes d'un produit passant de 175° à 188° sous la pression ordinaire. Ce produit est de la *diacétine éthylénique*. Il en aurait fallu théoriquement 73 grammes. Les 9 grammes constituant le déficit sont restés dans la partie liquide, mélange de bibromure (éb. 132°) et d'acide acétique (éb. 116°), recueillie avant la diacétine. S'il s'était formé de la *bromo-acétine éthylénique*, on aurait dû en recueillir théoriquement 167 grammes. J'attribue ce mode de réaction du bibromure éthylénique, vis-à-vis de l'acétate potassique, à la recrudescence d'aptitude réactionnelle que détermine dans le brome du composant H_2CBr du bromo-acétate éthylénique, le voisinage relatif de l'oxygène du composant $H_2C - (C_2H_3O_2)$, voisinage relatif que fait bien apparaître la formule

$$\begin{array}{l} H_2C - Br. \\ \quad | \\ H_2C - O - CO - CH_3. \end{array}$$

§ V. — *Iodhydrine éthylénique* $ICH_2 - CH_2(OH)$. On l'obtient aisément par la réaction du *bromo-acétate d'éthylène* $BCH_2 - CH_2(CrH_3O_2)$ sur l'iodure de sodium en présence de l'alcool méthylique. Voici le détail d'une opération.

On a chauffé au bain d'eau, dans un ballon muni d'un tube servant de réfrigérant, pendant une demi-heure,

environ 83 grammes, une demi-molécule de bromo-acétate d'éthylène avec 75 grammes d'iodure sodique et 100 grammes d'alcool méthylique. Il se fait, après peu de temps, une abondante précipitation de bromure potassique que l'on écarte par filtration. C'est l'indice de la formation d'*iodo-acétine éthylénique* $ICH_2 - CH_2(CrH_3O_2)$.

On a continué à chauffer le liquide filtré dans les mêmes conditions pendant environ deux heures, dans le but de déterminer la réaction de l'alcool méthylique sur l'iodo-acétine éthylénique. Puis on a expulsé la plus grande partie de l'alcool méthylique par la distillation. Il a passé à l'origine de l'acétate méthylique. L'eau a précipité du liquide restant 50 grammes d'une huile brune; par l'éther, on a encore retiré de ces eaux une trentaine de grammes, en tout 80 grammes d'*iodhydrine éthylénique* brute au lieu de 86 grammes, selon la théorie. On les décolore aisément à l'aide de SO_2 aq.

Je n'ajouterai rien à la description que j'ai donnée précédemment de l'iodhydrine éthylénique (*). Je tiens cependant à rectifier l'erreur qu'elle contient quant à la densité de ce composé : à la température de 20°, sa densité est 2.905 au lieu de 2.1649, comme il est indiqué pour la température de 18°,6. Probablement que le chiffre 9 a été remplacé par distraction par 1 dans la composition.

Je tiens à constater toute la part qui revient, au point de vue expérimental, dans ces recherches, à mon zélé préparateur, M. Auguste Dewael, et à lui adresser à cette occasion tous mes remerciements.

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique,* 3e sér., t. XVIII, p. 183, année 1889.

Sur les dérivés éthyléno-éthyliques et éthyléno-acétiques (notice préliminaire); par Louis Henry, membre de l'Académie.

J'ai constaté précédemment (*) que le *nitrile butyrique normal* γ-chloré $ClCH_2 - CH_2 - CH_2 - CN$ se transforme, en perdant HCl sous l'action des alcalis caustiques, non pas en *nitrile crotonique* $H_2C = CH - CH_2 - CN$, mais, à la suite de la fermeture de la chaîne carbonée, en nitrile *éthyléno-acétique* $\begin{matrix} H_2C \\ H_2C \end{matrix} > CH - CN$. Pour n'être pas sans exemple, ce fait n'en est pas moins remarquable.

J'ai songé à profiter de ce corps pour faire l'étude comparative des dérivés *isobutyliques* et *isobutyriques* d'une part $\begin{matrix} H_3C \\ H_3C \end{matrix} > CH - C.....$ et des dérivés *éthyléno-éthyliques* et *éthyléno-acétiques* $\begin{matrix} H_2C \\ | \\ H_2C \end{matrix} > CH - C.....$ d'autre part, le système tricarboné $\begin{matrix} H_3C \\ H_3C \end{matrix} > CH - C.....$ des premiers devenant $\begin{matrix} H_2C \\ | \\ H_2C \end{matrix} > CH - C.....$ dans les seconds. Cette comparaison permettra de déterminer dans un cas très simple l'influence de la fermeture d'une chaîne carbonée, à la suite de l'élimination de H_2, sur les propriétés de la molécule totale et notamment sur ses propriétés physiques.

(*) *Sur les nitriles-alcools aliphatiques*, p. 218. (MÉMOIRES IN-8° DE L'ACAD. ROYALE DE BELGIQUE, t. LVII, année 1898.)

Un de mes élèves, M. Paul Dalle, de l'Institut des Frères des écoles chrétiennes, s'est chargé d'accomplir cette tâche.

Pour prendre date et lui permettre de continuer ainsi en plein repos ses recherches, je crois utile de faire connaître sommairement, par cette notice préliminaire, les résultats auxquels M. Dalle est arrivé jusqu'ici.

L'hydrogénation vive par le sodium et l'alcool anhydre a transformé le *nitrile éthyléno-acétique* $\begin{matrix} H_2C \\ | \\ H_2C \end{matrix} > CH - CN$ en *amine éthyléno-éthylique* $\begin{matrix} H_2C \\ | \\ H_2C \end{matrix} > CH - CH(NH_2)$. Celle-ci est un liquide présentant les propriétés ordinaires de cette classe de corps, soluble dans l'eau et bouillant dans les conditions ordinaires à 88°.

Sous l'action de l'acide azoteux, l'amine *éthyléno-éthylique* fournit l'alcool correspondant $\begin{matrix} H_2C \\ | \\ H_2C \end{matrix} > CH - CH_2(OH)$, alcool *éthyléno-éthylique* ou *triméthylène-carbinol*. C'est un liquide analogue à l'*alcool isobutylique*, bouillant sous la pression de 756 millimètres vers 130°. Sa densité de vapeur a été trouvée égale à 2.49; la densité calculée est 2.48.

Le trichlorure de phosphore transforme aisément l'*acide éthyléno-acétique* en son chlorure $\begin{matrix} H_2C \\ | \\ H_2C \end{matrix} > CH - C < \begin{matrix} O \\ Cl \end{matrix}$.

Le chlorure éthyléno-acétique constitue un liquide bouillant à 120°-122° sous la pression de 754 millimètres.

Le rendement en alcool par l'action de l'acide nitreux sur l'amine est peu avantageux. On peut espérer que la réduction du chlorure acide par l'hydrogène naissant

donnera de meilleurs résultats. C'est ainsi que tout récemment, M. Perkin a préparé le *tétraméthylène-carbinol* $\begin{matrix} H_2C - CH_2 \\ | \quad\quad | \\ H_2C - CH - CH_2(OH) \end{matrix}$ Éb. 143°-144°.

De la comparaison des dérivés à chaîne ramifiée $\begin{matrix} H_3C \\ H_3C \end{matrix} > C-$ avec les dérivés cycliques $\begin{matrix} H_2C \\ | \\ H_2C \end{matrix} > C-$ on peut, dès à présent, tirer cette conséquence que l'élimination de H_2 élève notablement le point d'ébullition, d'au moins 20°. Cette élévation paraît être plus forte dans les dérivés se rattachant à l'acide éthyléno-acétique, où l'hydrogène fixé sur C fait défaut, que dans ceux se rattachant à l'alcool où existe le système $H_2\underset{|}{C}-$.

C'est ce qui résulte du tableau suivant :

Dérivés :		Dérivés :	
$\begin{matrix} H_3C \\ H_3C \end{matrix} > CH - C\leftarrow$		$\begin{matrix} H_2C \\ \vert \\ H_2C \end{matrix} > CH - C\leftarrow$	
Nitrile.			
$-CN$	Éb. 108°	$-CN$	Éb. 135°
Différence : 27°			
Amine.			
$\underset{\vert}{H_2C} - NH_2$	Éb. 67°	$\underset{\vert}{H_2C} - NH_2$	Éb. 88°
Différence : 21°			

Alcool.

$H_2C - OH$ Éb. 109° $H_2C - OH$ Éb. 150°

Différence : 22°

Acide.

$OC - OH$ Éb. 155° $OC - OH$ Éb. 182°

Différence : 27°

Chlorure acide.

$OCCl$ Éb. 92° $OC - Cl$ Éb. 120°

Différence : 28°

Éther éthylique.

$OC - OC_2H_5$ Éb. 110° $OC - OC_2H_5$ Éb. 134°

Différence : 24°

De la comparaison de ces deux ordres de dérivés, on pourra probablement aussi tirer une conséquence générale en ce qui concerne la *fusibilité*.

Mars 1901.

—

Constatation d'un phénomène d'émission cathodique superficielle; par P. De Heen, membre de l'Académie.

Si l'on vient à électriser un plateau de résine par frictions à l'aide d'un conducteur électrisé négativement et si ensuite on effectue ces mêmes frictions à l'aide d'un conducteur chargé positivement, les deux électricités se recombinent et finalement le plateau est chargé positivement.

Mais les choses se passent tout autrement si l'on électrise d'abord le plateau positivement.

Si, dans ces conditions, on effectue une friction à l'aide d'un conducteur chargé négativement, la reconstitution n'a plus lieu; chaque point chargé négativement devient un foyer d'émission de fluide infraélectrique, lequel, en s'étendant sur la surface, refoule l'électricité positive comme le ferait le fluide émis par une flamme, une aigrette ou un tube à rayons X.

Nous avons même réussi à déterminer une ligne médiane comparable à celle que l'on peut obtenir à l'aide de ces sources.

A cet effet, nous nous sommes servi d'un plateau en résine A (fig. 1), mesurant 30 × 35 centimètres.

Une zone relativement étroite *ab* était chargée positivement à l'aide d'un conducteur relié à l'un des pôles d'une machine de Holtz, et tenu à la main par un manche isolant.

Un deuxième conducteur présentant la forme (fig. 2) était ensuite mis en communication avec le pôle négatif

de la machine, et l'on effectuait une friction suivant la direction $\alpha\beta$ (fig. 1). La distance des deux petites sphères était inférieure à la largeur *ab* électrisée positivement (environ 45 millimètres).

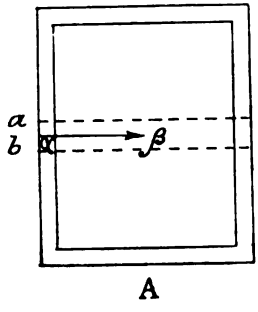


Fig. 1.

En couvrant légèrement de poudre de soufre, on remarque d'abord qu'une certaine quantité d'électricité positive a été projetée à droite et à gauche, alors qu'en γ (fig. 2) on obtient une ligne médiane.

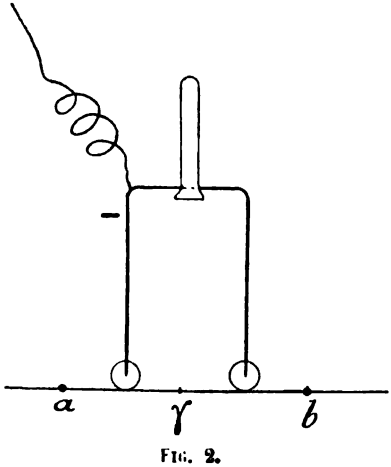


Fig. 2.

L'image a l'aspect général représenté figure 3.

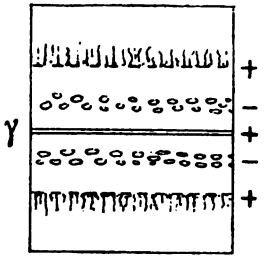


Fig. 3.

Disons en terminant que si l'on vient à déposer, sur un plateau de résine, à une dizaine de centimètres l'un de l'autre, deux petits tas de substance radio-active, si, ensuite, on électrise la partie intermédiaire par frictions à l'aide d'un conducteur mis en communication avec une machine électrique, et si, un quart d'heure après cette opération, on saupoudre de soufre, on obtient la ligne médiane de même qu'à l'aide des sources que nous avons utilisées précédemment.

—

Constatation de quelques faits relatifs à l'émission et aux conditions d'équilibre ou de mouvement du nouveau fluide; par P. De Heen, membre de l'Académie.

A) Action produite par les pointes.

Si l'on vient à électriser deux parties séparées *a* et *b* d'un plateau de résine P et à placer pendant quelques instants une pointe *p* au-dessus du plateau, on remarque que les choses se passent comme si cette pointe émettait

un fluide venant frapper et s'étendant sur le plateau, et dont les points d'impacte correspondent aux centres des surfaces électrisées. Il en résulte que l'on obtient, après avoir couvert légèrement de poudre de soufre, les apparences représentées en *a* et en *b* simultanément et à l'aide d'une seule pointe.

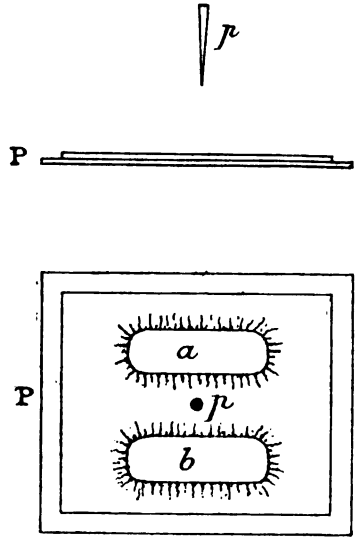


FIG. 1.

Au lieu de placer la pointe au-dessus du plateau, il est plus commode de disposer, avant la coulée de la résine, un morceau d'ébonite *e* traversant la feuille de carton *c*, et percé d'une ouverture permettant le passage d'une

pointe *p*, laquelle peut à volonté être isolée ou mise en communication avec le sol (fig. 2).

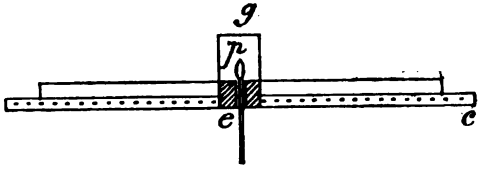


Fig. 2.

Afin d'opérer, la pointe étant isolée, on la recouvre d'un petit godet métallique *g*, puis on électrise à l'aide d'un conducteur mobile mis en communication avec une machine électrique et tenu par un manche isolant. On exécute des frictions circulaires à l'intérieur d'un cercle *c*, puis, l'électrisation terminée, on met la pointe à la terre, on enlève le godet *g* (fig. 3) et l'on projette une première

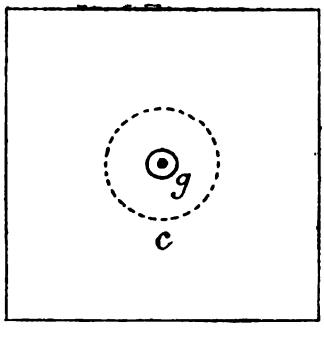


Fig. 3.

fois une petite quantité de poudre; si le plateau est bien sec et bien poli, on obtient une circonférence parfaite. Mais on ne tarde pas à remarquer que des particules de

soufre sont entraînées suivant une direction radiale, comme si un souffle mystérieux émanait du centre. Si, quelques instants après, on projette de la poudre, on obtient un deuxième cercle, et l'on réalise ainsi une série de circonférences concentriques traversées de ramifications dirigées suivant les rayons, si l'on a fait usage d'électricité positive (fig. 4).

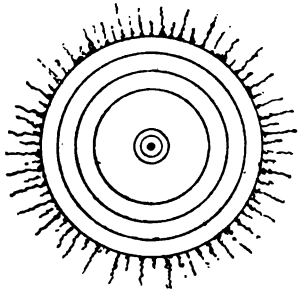


Fig. 4.

Le fluide qui s'étend à l'intérieur des cercles possède une force expansive considérable. Il nous est arrivé de voir l'électricité répartie sur une ligne circulaire. Dans ces conditions, la poudre de soufre constituait un petit rempart. Cependant le fluide s'accumulait progressivement sur la surface intérieure du cercle, et à un moment donné se produisit une véritable explosion superficielle, qui eut pour résultat de projeter une partie de la poudre de soufre à plusieurs centimètres, suivant des directions radiales.

Il paraît vraisemblable, à première vue, que l'émission qui donne naissance à ce fluide émane d'une aigrette produite par influence à l'extrémité de la pointe.

Constatons encore cette curieuse particularité. Nous

avons vu que ces émissions émanant d'une source quelconque n'affectent jamais le bord de la surface électrisée, mais entament toujours cette surface par son milieu. Il en résulte que nous obtiendrons deux systèmes de circonférences, l'un qui va en s'agrandissant, l'autre beaucoup plus petit, dans le voisinage de la pointe, qui va en diminuant.

En utilisant deux pointes métalliques, disposées à 15 centimètres, on peut produire une série de figures intéressantes et qui dépendent du mode d'électrisation de la surface.

1° Si l'on électrise tout le plateau et si l'on projette plusieurs fois, à quelques instants d'intervalle, de la poudre de soufre, on obtient une série de courbes concentriques qui se forment dans l'ordre indiqué par les numéros de la figure 5.

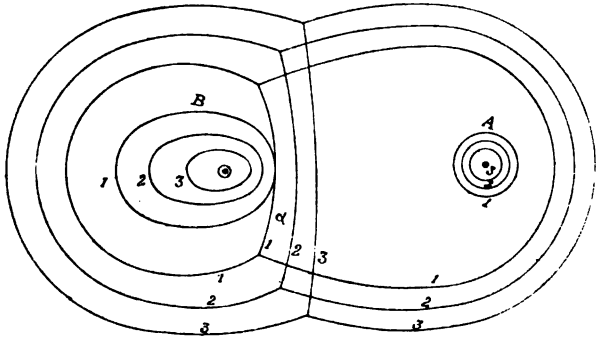


Fig. 5.

Il est facile de voir que le fluide élastique superficiel a été émis d'abord en proportion plus grande par la pointe A que par la pointe B ; sa tension est évidemment

plus grande; aussi les cercles intérieurs sont-ils plus petits en A qu'en B.

Cependant le fluide émis par A est projeté d'abord jusque dans le voisinage immédiat de B, et cela au point de donner à ses cercles intérieurs la forme elliptique qui indique nettement l'action de cette pression; la tension de ce fluide ne tarde pas à être contrebalancée par la pression du fluide émis plus lentement par B, de manière à produire la succession des traits α.

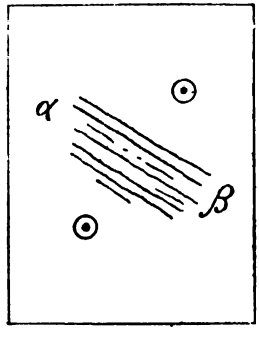


Fig. 6.

Cette première expérience nous montre déjà que les deux pointes sont très rarement également actives. Ce serait du reste une erreur de croire que c'est là une chose accidentelle due à ce que l'électrisation du plateau a été, par exemple, plus forte d'un côté que de l'autre, ou encore que l'un des godets a été enlevé un peu avant l'autre. On peut modifier à volonté ces circonstances sans rien changer à l'action relative des pointes. Ce qui semble indiquer que la pointe déverse sur le plateau le fluide mystérieux qui nous occupe directement, et non par l'intermédiaire de l'aigrette qui semblait tout d'abord être le siège de l'émission, attendu que l'aigrette la plus

développée par l'influence ne produit pas nécessairement le maximum d'effets.

2° Si l'on électrise simplement la partie intermédiaire α, β, la prédominance d'une des pointes sur l'autre se manifeste d'une manière plus apparente encore et l'on assiste aux formations successives indiquées figure 7, A etant le centre actif.

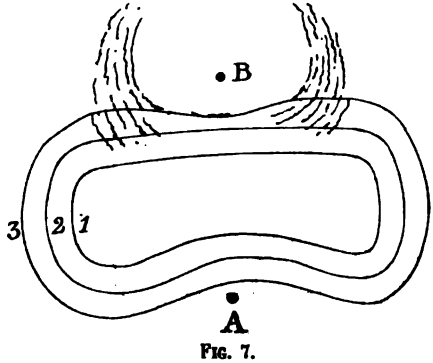


Fig. 7.

3° Si l'on électrise une ellipse α (fig. 8), on obtient la

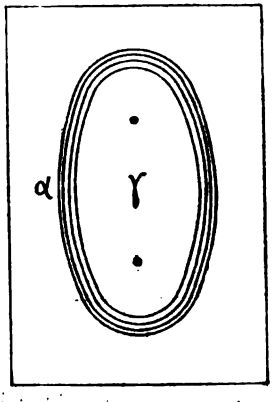


Fig. 8.

figure en forme de *8* correspondant au premier cas (fig. 9). Mais ce qu'il y a de particulièrement intéressant à constater, c'est la rapidité avec laquelle l'espace non électrisé est envahi par l'électricité et dans les conditions nécessaires pour former la figure d'équilibre.

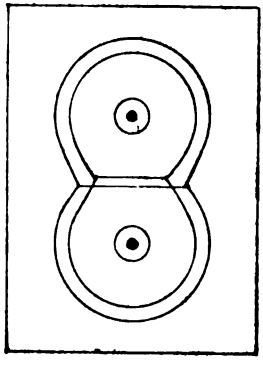


FIG. 9.

4° On peut même aller plus loin et n'électriser que les parties α et β (fig. 10).

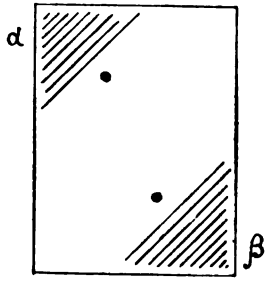


FIG. 10.

5° Une assez curieuse expérience consiste à faire usage

d'électricité négative au lieu d'électricité positive. Dans ces conditions, les aigrettes positives dues à l'influence sont nettement marquées en A et en B à l'origine de l'expérience, mais pendant le passage de la figure 1 à la figure 2 (fig. 11), l'aigrette A est complètement balayée, comme si la pointe A, en émettant le fluide, finissait par se débarrasser elle-même de toute manifestation électrique.

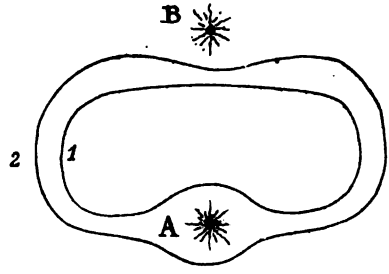


Fig. 11.

Nous verrons dans un prochain travail quelle est la cause qui détermine la différence d'activité des deux pointes.

Nous nous occuperons également de la préparation des plateaux résineux et des conditions indispensables qu'ils doivent réunir afin d'assurer le succès de ces expériences, car on obtient des résultats absolument négatifs si l'on fait usage de substances qui ne sont pas dans les conditions voulues.

OUVRAGES PRÉSENTÉS.

Dollo (*Louis*). Sur l'origine de la tortue Luth (*Dermochelys coriacea*). Bruxelles, 1901; extr. in-8° (26 p.).

Mierlo (*C.-J. Van*). La carte lithologique de la partie méridionale de la mer du Nord. Bruxelles, 1901; extr. in-8° (52 p. et 1 carte).

Doudou (*Ernest*). La station préhistorique d'Ampsin. Bruxelles, 1900; extr. in-8° (5 p.).

Klément (*G.*). Sur la diallage ouralitisée de l'Ardenne. Bruxelles, 1897; extr. in-8° (6 p.).

— Exposé du mode de formation du minerai de fer des alluvions. Bruxelles, 1897; extr. in-8° (5 p.).

— Les théories relatives à l'origine du pétrole. Bruxelles. 1901; extr. in-8°. (10 p.).

Devenyns (*Charles*). Une canalisation simplifiée pour tramways. Bruxelles, 1900; extr. in-8° (15 p.).

Meunier (*Fernand*). Ueber die Syrphiden des Bernsteins. Neudamm, 1901; extr. in-8° (2 p.).

Durme (*Paul Van*). Étude des différents états fonctionnels de la cellule nerveuse corticale au moyen de la méthode de Nissl. Louvain, 1901; extr. in-8° (156 p. et 10 pl.).

De Neef (*C.*). Recherches expérimentales sur les localisations motrices médullaires chez le Chien et le Lapin. Louvain, 1901; extr. in-8° (38 p. et 6 pl.).

Ministère des Finances et des Travaux publics. Port d'Ostende. Diagrammes des variations de niveau de la mer, 1899; in-4°, oblong.

ALLEMAGNE.

Strouhal (*Cenek*). Mechanika. Prague, 1901; in-8° (xx-670 p.).

MUNSTER. *Provinziale Verein für Wissenschaft und Kunst.* 27. Jahresbericht, 1898-1899.

VIENNE. *K. Zool.-botanische Gesellschaft.* Verhandlungen, 1900.

PRAGUE. *Kön. Gesellschaft der Wissenschaften.* Jahresbericht und Sitzungsberichten, 1900. — Prager Tychoniana, gesammelt von Prof. Dr. F.-J. Studnicka. 1901.

—

FRANCE.

Maupas (*E.*). Modes et formes de reproduction des Nématodes. Paris, 1900; extr. in-8° (162 p. et 11 pl.).

Lapparent (*A. de*). Sur la découverte d'un Oursin d'âge crétacé dans le Sahara oriental. Paris, 1901; extr. in-4° (5 p.).

Bohn (*G.*). L'évolution du pigment. Paris, 1901; in-18° (96 p.).

Griffon (*Ed.*). L'assimilation chlorophyllienne et la situation des plantes. Paris, 1901; in-18° (106 p.).

Gadot (*Ad.*). Un nouveau mètre : Unité physique essentielle. Les unités de la force décimales déterminées dans la nature de manière expérimentale physique. Paris, 1900; in-8° (XXXII-62 + 20 p.).

Rey Pailhade (*J. de*). La décimalisation du temps devant les diverses branches de la science. Paris, 1900; in-8° (14 p.).

ARRAS. *Académie des sciences, lettres et arts.* Mémoires, 2e série, t. 30, 1899.

— Inventaire des archives, 1737-1895. 1897.

— Table des matières des Mémoires, 1855-1891. 1892.

— Le cartulaire du chapitre d'Arras (comte Auguste de Loisne). 1897; in-4°.

PARIS. *Musée Guimet.* Petit guide illustré; par L. de Millone, 4e recension, 1899.

AMIENS. *Académie des sciences, des lettres et des arts.* Mémoires, t. XLVI, 1899.

BESANÇON. *Société d'émulation du Doubs.* Mémoires, 1899.

PARIS. *Bulletin scientifique de la France et de la Belgique,* 1900.

SOISSONS. *Société archéologique, historique et scientifique.* Bulletin, tomes V-VII, 1895-1897.

LILLE. *Université.* Travaux et mémoires, nos 22-25. 1899-1900.

PARIS. *Ministère de l'Instruction publique.* Carte photographique du Ciel. Zone + 1; feuilles 15, 16, 24, 52, 56, 60; Zone + 3 : 5, 8, 13, 17, 23, 50, 54, 63, 64, 68, 69, 81-84, 89, 90, 94, 96, 100, 101, 113, 171, 177; Zone + 4 : 97; Zone + 5 : 5, 13-15, 17, 27, 28, 29, 31, 41, 46, 64, 67, 75, 78, 84, 85, 90, 128, 129, 134, 139, 140, 141, 146; Zone + 7 : 66-68, 85, 140; Zone + 9 : 65, 83, 84, 91, 140, 148, 149, 153, 154, 156; Zone + 22 : 1-3, 12, 14, 16; Zone + 24 : 3, 5, 12, 18, 30, 32, 39, 63, 80, 87, 100, 151, 153, 154, 157, 158, 175, 176.

—

GRANDE-BRETAGNE ET COLONIES BRITANNIQUES.

Hall (*Robert*). The insectivorous birds of Victoria, with chapiters on birds more or less useful. Melbourne, 1900; in-8° (257 p.).

Herbertson (*Andrew J.*). The distribution of rainfall over the Land. Londres, 1901; in-8° (70 p., 13 cartes et 1 pl.).

Peake (*R. E.*). On the results of a deep-sea sounding expedition in the north Atlantic, during the summer of 1899. With notes on the temperature observations and depths, and a description of the deep-sea deposits in this

area, by Sir John Murray. Londres, 1900; in-8° (44 p. et 1 carte).

Lockyer (*sir Norman*) et *Lockyer* (*W.-J.-S.*). On solar changes of temperature and variations in rainfall in the region surrounding the Indian Ocean. Londres, 1900; extr. in-8° (22 p.).

ABERDEEN. *Université.* Studies : n° 1 : Roll of alumni in arts (Peter-John Anderson), 1900; in-8°.

— N° 2 : Records of old Aberdeen, 1157-1891 (Alex. Macdonald Munro), volume I. 1900 ; in-8°.

— N° 3 : Place names of West Aberdeenshire (James Macdonald). 1900; in-8°.

British Association for the advancement of Science. Report of the 70th meeting, held at Bradford in 1900.

ADELAÏDE. *Observatory.* Meteorological observations, 1897. in-4°.

BRISBANE. *Queensland Museum.* Annals, n° 5. 1900.

—

ITALIE.

FLORENCE. *R. Istituto di studi superiori.* Pubblicazioni (scienze fisiche e naturali) : Contributi alla fisiologia del tessuto di cellule muscolari (Filippo Bottazzi). Sullo sviluppo embrionale della funzione motoria negli organi a cellule muscolari (F. Bottazzi). (Medicina e chirurgica) : Ricerche citologiche sul midollo delle ossa nella differite (A. Trambusti). Risultati delle ricerche fatte in India, intorno alla vaccinazione preventiva contro la peste bubbonica e alla sieroterapia (A. Lustig).

— Osservazioni comparative sullo sviluppo e sui caratteri definitivi della cavita del quarto ventricolo al suo estremo caudale (Rutilio Staderini). 1896.

— Contribuzioni allo studio dello sviluppo dei nervi encefalici nei mammiferi, IV (Giulio Chiarugi). 1897.

—

PAYS DIVERS.

Wolfer (*A.*). Sur l'existence, la distribution et le mouvement des principaux centres présumés de l'activité solaire. Zurich, 1900; extr. in-4° (10 p.).

Socolow (*Serge*). Corrélations régulières supplémentaires du système planétaire. Moscou, 1901 ; in-8° (58 p.).

LA HAYE. *Kon. Instituut van Ingenieurs*. Vakafdeeling voor Electrotechniek, 1899-1900, X en XI, 1899-1900.

LEYDE. *Observatoire*. Verslag voor 1896-1900, door Van de Sande-Bakhuyzen.

TOKYO. *Imperial Earthquake Investigation Committee*. Publications, n° 1, 2, 5 and 6. 1897-1901.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1901. — N° 5.

Séance du 7 mai 1901.

M. Jos. De Tilly, directeur.

M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Éd. Van Beneden, *vice-directeur;* G. Dewalque, Brialmont, Éd. Dupont, C. Malaise, F. Folie, F. Plateau, Fr. Crépin, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Van der Mensbrugghe, Louis Henry, M. Mourlon, P. Mansion, P. De Heen, C. Le Paige, F. Terby, J.-B. Masius, J. Neuberg, A. Lancaster, L. Errera, *membres;* Ch. de la Vallée Poussin, *associé;* G. Cesàro, Pol. Francotte, Paul Pelseneer et Émile Laurent, *correspondants.*

MM. Ch. Lagrange et J. Deruyts expriment par lettre leurs regrets de ne pouvoir assister à la séance.

CORRESPONDANCE.

—

L'Académie royale des Lincées, à Rome, annonce la mort de son président, le professeur Angelo Messedaglia, sénateur du royaume d'Italie.

Une lettre de condoléance sera adressée à l'Académie royale des Lincées.

— La Société ouralienne d'amateurs des sciences naturelles d'Ekathérinebourg annonce qu'elle célébrera, le 4 (17) juin, le jubilé de cinquante ans d'activité médicale de son président, le docteur Alexandre-Andréévitch Mislawsky, en même temps que son jubilé de trente ans de vice-président et de président.

Une lettre de félicitations sera adressée à la Société ouralienne d'Ekathérinebourg.

— La Société impériale et royale de zoologie et de botanique, à Vienne, remercie pour les félicitations qui lui ont été adressées à l'occasion de son cinquantenaire de fondation qui a eu lieu à Vienne le 30 mars.

— Des remerciements semblables sont exprimés par la Société scientifique de Bruxelles pour les félicitations qui lui ont été adressées à l'occasion de son vingt-cinquième anniversaire de fondation, lequel a eu lieu, le 10 avril, dans la grande salle du Palais des Académies.

— M. le Ministre des Finances et des Travaux publics envoie un exemplaire du rapport :

1° *De la Commission chargée d'ouvrir une enquête sur les conditions d'emploi de la pierre dite de* GOBERTANGE ;

2° *De la Commission chargée d'études relatives aux ardoises.* — Remerciements.

— M. le Ministre de l'Industrie et du Travail transmet, au nom du Service géologique de Belgique, un exemplaire des feuilles suivantes de la Carte géologique de Belgique au 40000e :

Neuve-Église-Messines, Grammont-Denderwindeke, Rochefort-Nassogne, Momignies-Seloignes, Grupont-Saint-Hubert, Rièzes-Cul-des-Sarts, Haut-Fays-Redu, Baraque-Cagnaux-Orchimont, Vivy-Paliseul, Bertrix-Recogne, Neufchâteau-Jusseret, Fauvillers-Romeldange, Assenois-Anlier, Nobressart-Attert. — Remerciements.

— S. A. S. Mgr le prince Albert de Monaco offre à l'Académie les fascicules XVII et XVIII des *Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht.* Il y joint un exemplaire de ses *Notes de géographie biologique marine*, communiquées au VIIe Congrès international de géographie. — Remerciements.

— Sir William D. Geddes, préfet et vice-chancelier, et P.-J. Anderson, bibliothécaire de l'Université d'Aberdeen (Écosse), offrent à l'Académie, au nom du Sénat de cette Université, les numéros 1, 2, 3 et suivants des « Studies » ;

N° 1. *Roll of Alumni in Arts of the University and King's College 1596-1860;* edited by Peter John Anderson, M. A., LL. B.;

N° 2. *Records of Old Aberdeen, 1157-1891;* edited by Alexandre Macdonald Munro, F. S. A. Scot., vol. I;

N° 3. *Place Names of West Aberdeenshire,* by the late James Macdonald, F. S. A. Scot. — Remerciements.

— Hommages d'ouvrages :

1° A. *Une page de l'histoire de la chimie générale en Belgique : Stas et les lois des poids;* B. *La Fondation Nobel;* par Louis Henry;

2° *Charles Hermite (1822-1901). Notice sur ses travaux scientifiques;* par C. Jordan. *Esquisse biographique et bibliographique;* par P. Mansion;

3° *Le dossier hydrologique du régime aquifère en terrains calcaires, etc.;* par E. Van den Broeck;

4° *Cours de mécanique analytique,* tome Ier; par Ern. Pasquier;

5° *La marine marchande belge et ses chantiers, les transactions commerciales et industrielles directes au Congo, au Canada et au Levant. Transformation dans le sort de la classe laborieuse par la colonisation;* par C.-J. Tackels;

6° A. *Les enfants anormaux;* B. *Quelques grands faits de la biologie;* C. *Dissociation des phénomènes de sensation et de réaction dans le muscle;* par Jean Demoor.

— Remerciements.

— Travaux manuscrits renvoyés à l'examen :

Sur les dérivés ferriques halogénés de l'antipyrine (contenu d'un billet cacheté déposé en avril 1897); par M.-C. Schuyten. — Commissaires : MM. Jorissen et Delacre.

Sur les déformations permanentes et l'hystérésis. VIe mémoire : *L'inégalité de Clausius et l'hystérésis ;* VIIe mémoire : *Hystérésis et viscosité ;* par le professeur P. Duhem. — Commissaires : MM. Lagrange et De Heen.

Sur les plans qui coupent, en des points d'une conique, un système de lignes de l'espace ; par le professeur M. Stuyvaert. — Commissaires : MM. Neuberg, Fr. Deruyts et Le Paige.

Démonstration générale du théorème des vitesses virtuelles ; par le capitaine d'artillerie A. Duchateau. — Commissaires : MM. F. Deruyts, Lagrange et De Tilly.

Expériences sur l'accoutumance héréditaire des Levures aux solutions salines concentrées ; par Charles Clerfeyt. — Commissaires : MM. Errera et Laurent.

PRIX CHARLES LAGRANGE

POUR LA PHYSIQUE DU GLOBE.

Fondation.

M. Charles Lagrange, directeur de la Classe des sciences pour 1900, avait adressé à l'Académie, sous la date du 30 novembre de cette année, la lettre suivante :

« MONSIEUR LE SECRÉTAIRE PERPÉTUEL,

» J'ai l'honneur de prier l'Académie d'accepter en don un capital de dix mille francs (10,000 francs) en rentes sur l'État belge, pour fonder, au moyen des intérêts

accumulés, un prix perpétuel de *Physique du Globe*, à décerner tous les quatre ans.

» *P. S.* Dans mon intention, ce prix serait décerné au meilleur travail, mathématique ou expérimental, constituant un progrès important dans la connaissance mathématique de la Terre. Je me réserve de soumettre ultérieurement à l'Académie une rédaction plus développée, la présente lettre ayant pour objet essentiel la fondation même du prix. »

La Classe des sciences, après avoir entendu la lecture de cette lettre, dans sa séance du 2 décembre, a voté ses plus chaleureux remerciements à M. Lagrange pour cette fondation, laquelle a été acceptée, au nom de l'Académie, par un arrêté royal en date du 5 janvier 1901.

M. Charles Lagrange, invité à faire connaître les développements de sa proposition, a répondu de la manière suivante, par lettre du 13 février 1901 :

« Monsieur le Secrétaire perpétuel,

» J'ai l'honneur de vous accuser réception de votre lettre en date du 16 janvier, par laquelle vous me faites connaître qu'un arrêté royal du 5 janvier accepte, pour l'Académie, la somme de 10,000 francs, offerte par moi pour la fondation d'un prix de Physique du Globe, et par laquelle vous me demandez de procéder à la rédaction plus développée des conditions de ce concours, annoncée dans ma lettre du 30 novembre 1900.

» Je n'ai, à cet égard, qu'à reprendre les idées résumées dans cette lettre, dont l'objet essentiel était la

fondation même du prix. « Dans mon intention », disais-je, « ce prix sera décerné (tous les quatre ans) au meil-
» leur travail, *mathématique ou expérimental*, constituant
» un progrès important dans la connaissance mathéma-
» tique de la Terre ».

» Deux points sont ici en évidence : l'un a trait au caractère mathématique que devront présenter les travaux admis au concours; l'autre concerne l'étendue de leur champ de recherches.

» Le premier point, par la mention explicite du mot « mathématique », qui embrasse tout le domaine mécanique et physique, élimine de lui-même les travaux purement statistiques sur les observations (c'est-à-dire, dans cet ordre statistique, ceux qui n'auraient pas pour résultat la démonstration d'une nouvelle loi, la découverte d'une force nouvelle, d'une relation nouvelle entre des forces connues, etc.).

» Le second point est relatif au champ des recherches; par le terme général « connaissance mathématique de la Terre », il attribue toute l'étendue que comporte déjà l'état actuel de la science, ou que font prévoir ses progrès ultérieurs, à la notion du globe comme système mathématique organisé, notion telle que la définit, par ses deux premiers alinéas, mon discours prononcé en séance publique de la Classe des sciences, le 18 décembre 1900; c'est-à-dire qu'il admet au concours les travaux de sciences naturelles et de physique sociale, comprenant l'histoire, qui rattacheraient, d'une manière mathématique positive, ces branches d'une science mathématique totale de la Terre, à la Physique du Globe. »

Règlement.

La Classe des sciences offrira tous les quatre ans un prix de *douze cents francs* (sauf réduction motivée par la baisse du taux de l'intérêt de la rente) à l'auteur (belge ou étranger) du meilleur ouvrage, imprimé ou manuscrit, répondant aux vues du fondateur.

La *première période* de ce concours s'ouvrira le 1er janvier 1901 et sera close le 31 décembre 1904.

Pour chaque période, seront admis à concourir les travaux adressés (franc de port) à M. le Secrétaire perpétuel de l'Académie royale de Belgique, au Palais des Académies, à Bruxelles, avant le 1er janvier qui commence la période suivante du concours.

Les ouvrages imprimés devront avoir été publiés pendant les dix années qui précèdent la clôture de la période de concours. Les travaux manuscrits pourront être signés. Dans le cas où l'auteur désirerait conserver l'anonyme, il sera tenu d'inscrire une devise sur son mémoire, devise qui sera reproduite sur l'enveloppe d'un billet cacheté faisant connaître son nom et son domicile. Il est défendu de faire usage d'un pseudonyme.

Le prix remporté par un travail manuscrit ne sera délivré que contre la présentation du premier exemplaire imprimé de ce travail.

Le résultat du concours sera proclamé dans la séance publique annuelle de la Classe des sciences.

Dans le cas où le concours demeurerait sans résultat, la Classe pourra doubler le prix de la période suivante ou augmenter le capital, selon qu'elle le jugera convenable.

ÉLECTION.

M. Fr. Crépin est réélu délégué de la Classe auprès de la Commission administrative pour l'exercice 1901-1901.

RAPPORTS.

Compte rendu par M. le lieutenant général De Tilly de sa mission, comme directeur de la Classe des sciences, à la première Assemblée générale de la Fédération internationale des Académies tenue à Paris, au Palais de l'Institut, du 16 au 20 avril 1901.

MESSIEURS ET HONORÉS CONFRÈRES,

Dans la séance du 2 mars dernier, je vous ai fait connaître les questions sur lesquelles l'Association internationale des Académies allait être appelée à se prononcer dans sa première Assemblée générale et j'ai indiqué, avec l'approbation de la Classe, les votes que j'émettrais.

Ces projets étaient, indépendamment des affaires d'intérêt commun aux deux sections :

Le rapport sur la question de l'extension d'un arc géodésique en Afrique le long du 30e méridien (proposition de la Société royale de Londres);

Le projet relatif au contrôle des instruments de physiologie, présenté par l'Académie des sciences de Paris (rapport de M. Marey);

L'institution d'une Commission qui s'occuperait de l'embryologie de l'homme et des animaux, ainsi que de l'anatomie du cerveau (proposition de la Société royale des sciences de Saxe, à Leipzig);

Une communication de la Société royale de Londres, relative au Catalogue international de littérature scientifique dont elle a pris la direction.

L'Assemblée générale a tenu ses réunions du 16 au 20 avril; elle a résolu la plupart des questions qui lui étaient posées; et l'accord entre ses membres a été tellement complet qu'il n'a pas été nécessaire de faire voter par Académie, comme les statuts le prévoyaient, toutes les décisions ayant été prises, sinon par acclamation, du moins par assentiment général.

Ces décisions, dans leur ensemble, sont conformes à ce que nous avions prévu, et je ne crois pas nécessaire d'entrer en ce moment dans plus de détails à ce sujet, puisque le compte rendu officiel des séances de l'Assemblée ne tardera pas à paraître.

Je me bornerai à vous dire, Messieurs, que la réception faite aux délégués des Académies par leurs confrères de l'Institut de France, par le Gouvernement français et par la Municipalité de Paris a été aussi grandiose que cordiale.

La Classe vote des remerciements à M. De Tilly pour la manière dont il a rempli sa mission de délégué à la première Assemblée générale de l'Association internationale des Académies.

—

Sur l'avis favorable de MM. Spring et Henry, le *Bulletin* renfermera une note sur l'*Électrolyse du nitrate d'uranium*, par MM. Oechsner de Coninck et Camo, de l'Université de Montpellier.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

Sur le degré d'eurythermie de certaines larves marines; par Paul Pelseneer, correspondant de l'Académie.

L'influence de l'élévation et de l'abaissement de la température sur les organismes a été maintes fois étudiée.

On sait que beaucoup d'animaux terrestres supportent sans dommage des températures très élevées et très basses. Et d'un autre côté, parmi les organismes aquatiques, diverses formes fluviatiles vivent normalement dans des eaux plus chaudes que 40° et même 50° : divers Hydrobiidæ (*Bithynia thermalis*, 55°), des Oscillaires, 53° (1).

(1) Les Végétaux sont beaucoup moins affectés encore par des températures élevées et basses : certains *Actinomyces* ont leur optimum thermique à + 57°, et diverses Bactéries ont pu supporter pendant vingt heures la température de l'air liquide, soit environ - 200°; des graines ont même pu germer après avoir été refroidies pendant six heures à - 258°, par l'hydrogène solide (Dewar).

Quant aux formes marines, elles sont à cet égard moins tolérantes, et il faut admettre que leur protoplasma est généralement plus vite coagulable que celui des organismes d'eau douce.

Les observations de Richet (1), Frenzel (2) et Vernon (3) montrent en effet que les animaux marins de l'Europe occidentale et méridionale sont *tués* à des températures toujours inférieures à + 43°. Ils sont donc moins « *eurythermes* » que les formes correspondantes des eaux douces; et une faible variation thermique peut affecter leurs déplacements réguliers ou modifier leur distribution géographique habituelle.

Mais l'action physiologique de l'élévation ou de l'abaissement de la température sur des *pontes, embryons* et *larves* d'Invertébrés marins n'a pas été examinée; Vernon seul a observé, à ce sujet, une unique espèce d'Échinoderme (*Strongylocentrotus lividus*), et exclusivement au premier point de vue (4).

Les expériences rapportées ci-après ont donc été faites dans le but de déterminer quelle est l'amplitude des variations thermiques mortelles pour les larves marines littorales, — et conséquemment, jusqu'à quel point ces

---

(1) Richet, *De quelques températures élevées auxquelles peuvent vivre des animaux marins.* (Arch. de zool. expér., sér. 2, t. III, p. viii.)

(2) Frenzel, *Temperaturmaxima für Seethiere.* (Arch. für ges. Physiol., Bd XXXVI, S. 458.)

(3) Vernon, *The death temperature of certain marine organisms.* (The Journal of Physiology, vol. XXV, p. 132.)

(4) Vernon, *loc. cit.*, p. 135.

dernières seraient susceptibles de se répandre éventuellement vers des zones normalement plus chaudes et plus froides.

Elles sont relatives à des embryons et larves du nord de la Manche (région qui, comme on le verra plus loin, présente, au point de vue thermique, un caractère particulier) (1). Ces recherches sont en partie de la période août-septembre, en partie du mois d'avril. Les quelques espèces à longue saison de ponte se comportent de même aux différentes époques.

Les premières observations portaient sur des pontes de Nudibranches, qui fournissent un grand nombre d'embryons. Or les diverses formes, au même stade, donnent très sensiblement les mêmes résultats thermiques; je me suis, pour ce motif, borné à choisir seulement un petit nombre d'espèces dans chacune des autres subdivisions (Céphalopodes, Gastropodes Streptoneures, Lamellibranches, Annélides, Trématodes, Crustacés).

Voici, groupés en tableaux, les résultats des observations faites dans ces conditions (2) :

---

(1) Elles ont été faites au Laboratoire de Wimereux, où, une fois de plus, une gracieuse hospitalité m'a été accordée par M. le professeur Giard.

(2) Il a été employé un thermomètre de précision en verre « dur », gradué simplement en degrés entiers.

I. — *Hautes températures.*

Mollusques.	30°	31°	32°	33°	34°	35°	36°	37°	40°
Sepia officinalis, peu avant d'éclore	T.	»	»	»	»	»	»	»	»
Sepiola atlantica, près d'éclore	»	T.	»	»	»	»	»	»	»
**Patella vulgata* (1), larve de deux jours	»	»	»	»	T.	»	»	»	»
— larve de quatre jours	»	»	»	»	»	»	T.	»	»
Nassa reticulata, embryon avant la rotation	T.	»	»	»	»	»	»	»	»
— veliger éclos	»	»	»	»	»	T.	»	»	»
**Littorina littorea*, veliger vers l'éclosion	»	»	»	»	»	»	»	T.	»
**Littorina obtusata*, embryon commençant à tourner	T.	»	»	»	»	»	»	»	»
— embryon vers l'éclosion	»	»	»	»	»	T	»	»	»
Lacuna pallidula, veliger vers l'éclosion	»	»	T.	»	»	»	»	»	»
**Lamellaria perspicua*, veliger près d'éclore	»	»	»	»	»	T.	»	»	»
Polycera ocellata, embryon commençant à tourner	T.	»	»	»	»	»	»	»	»
— veliger près d'éclore	»	T.	»	»	»	»	»	»	»
Goniodoris castanea, veliger près d'éclore	»	T.	»	»	»	»	»	»	»
Eolis coronata, veliger près d'éclore	T.	»	»	»	»	»	»	»	»
**Eolis sp.*, veliger près d'éclore	»	T.	»	»	»	»	»	»	»
— veliger éclos	»	»	T	»	»	»	»	»	»
**Eolis papillosa*, veliger près d'éclore	»	»	»	T.	»	»	»	»	»
**Doto coronata*, veliger près d'éclore	»	»	T.	»	»	»	»	»	»
***Dendronotus arborescens*, veliger près d'éclore**	»	T.	»	»	»	»	»	»	»
Hermæa bifida, veliger près d'éclore	T.	»	»	»	»	»	»	»	»

*Cerna Cossi, embryon commençant à tourner	»	»	»	»	»	»	»	T.	»
Pholas candida, trochosphère (2)	»	»	T.	»	»	»	»	»	»
Annélides.									
**Phyllodoce maculata*, trochosphère	»	»	»	»	»	T.	»	»	»
**Scoloplos Müllerí* (?) (3), embryon près d'éclore	»	»	»	»	»	»	»	T.	»
Trématodes.									
Cercaria pectinata	»	T.	»	»	»	»	»	»	»
Cercaria (oculée) de *Natica Alderi*	T.	»	»	»	»	»	»	»	»
Crustacés.									
Mysis Lamornæ, à l'éclosion	»	T. (4)	»	»	»	»	»	»	»
Crangon vulgaris, à l'éclosion	»	T	»	»	»	»	»	»	»
**Balanus balanoides*, larve cypris	»	»	»	»	»	»	»	T.	»

T = tué; * = ponte en avril.

(1) Les larves de *Patella* n'ont encore été observées que par PATTEN (*The embryology of Patella*, ARB. ZOOL. INST. WIEN, Bd VI, p. 149, pl. I à Y). La valeur de ses observations a été quelque peu mise en doute par PLATE, qui interprète certains stades figurés par PATTEN comme des états pathologiques (PLATE, *Bemerkungen über die Phylogenie und die Entstehungen der Asymmetrie der Mollusken*, ZOOL. JAHRB. ABTH. F. ANAT. U. ONTOG., Bd IX, p. 183). — J'ai pu obtenir aisément, en avril, la fécondation artificielle chez *Patella vulgata*, et élever les larves jusque vers le cinquième jour. Dans la masse, il s'en trouve, comme toujours, qui sont pathologiquement déformées; mais normalement, elles présentent la conformation que montrent les figures de PATTEN : je puis donc confirmer l'exactitude de ces dernières, notamment pour ce qui concerne l'enroulement *exogastrique* primitif de la coquille, fig. 58.

(2) La fécondation artificielle s'obtient facilement chez *Pholas candida* (septembre).

(3) Les pontes dans lesquelles se trouvent ces embryons ont été longtemps considérées comme celles de l'Arénicole; aujourd'hui, on suppose généralement qu'elles appartiennent à *Scoloplos Müllerí* (voir MESNIL, *Bull. scient. France et Belgique*, 1897, p. 159).

(4) La mère est aussi tuée à la même température.

Mode opératoire. — Les pontes, embryons ou larves sont placés dans de l'eau de mer fraîche et normale. Celle-ci est chauffée au bain-marie et maintenue à un degré constant pendant plus de cinq minutes (un peu davantage quand la coque ou enveloppe des œufs est épaisse). Si la température est mortelle, l'expérience est recommencée à nouveau à 1° plus bas, jusqu'à ce que soit reconnu le degré le moins élevé que la larve ne supporte pas, — et si elle est supportée, l'essai est refait à 1° plus haut (sur des organismes frais également).

La durée minimum de chaque observation a été fixée à cinq minutes par suite de la constatation suivante : certaines pontes sont exposées à un degré de chaleur déterminé, d'une part, pendant cinq minutes, d'autre part, pendant une demi-journée ; pour une même espèce, on observe que si la température est mortelle, elle l'est pendant les cinq premières minutes, et que si elle est inactive au bout de cinq minutes, elle l'est encore après plusieurs heures.

II. — *Basses températures.*

Mollusques.	- 2°,5	- 3°
Polycera ocellata, veliger près d'éclore	R.	T.
Eolis coronata, veliger près d'éclore	R.	T.
**Dendronotus arborescens*, veliger près d'éclore .	R.	»
**Littorina obtusata*, embryon près d'éclore . . .	R.	»
**Patella vulgata*, larve du troisième jour. . . .	R	»

R = résistant; T = tué; * = ponte en avril.

Basses températures (suite).

	- 2°,5	- 3°
Annélides.		
**Phyllodoce maculata.*	R.	»
**Scoloplos Mülleri*	R.	»
Trématodes.		
Cercaria cotylura	R.	»

R = résistant; T = tué; * = ponte en avril.

Mode opératoire. — Un vase d'eau de mer fraîche et normale, contenant la ponte ou les larves, est plongé dans un mélange réfrigérant (sel et glace ou, à défaut, $HCl + SO^4Na^2$); il y est maintenu à une température constante pendant plus de cinq minutes.

Lorsqu'on arrive à — 2°,5 C., des cristaux de glace commencent à se former dans cette eau tranquille (l'eau littorale de la Manche renferme 3.2 °/₀ de sels) et la température ne s'abaisse plus. Jusque-là, tous les organismes expérimentés résistent parfaitement, même après un temps très long.

Pour pouvoir refroidir l'eau davantage, — en abaissant son point de congélation, — il faut en augmenter la salinité, en ajoutant un peu de NaCl. La mort des

embryons n'est jamais due alors à cet accroissement de chloruration; car l'observation montre que tous les « témoins » soumis, par une température ordinaire, à une augmentation de salinité, supportent jusqu'à 2 °/₀ de sel marin en plus, et meurent seulement par l'adjonction de 3 °/₀ (veliger de *Polycera*, *Eolis*, *Nassa;* trochosphère de *Pholas*).

Remarques sur les observations ci-dessus.

1. Ces observations montrent que les embryons et larves en question sont souvent tués par une chaleur peu élevée (+ 30 ou 31°) et qu'ils résistent relativement mieux au froid.

Ces larves et embryons meurent, en effet, d'une façon générale, à un degré inférieur au maximum observé à la surface des mers : + 35°,5 (1) (dans la région tropicale naturellement); tandis qu'elles supportent aisément l'abaissement de la température, tant que l'eau n'est pas refroidie artificiellement *au delà* de son point de congélation : — 2°,5.

Cette résistance victorieuse au refroidissement, jusqu'à un point qui n'est pas atteint naturellement dans la Manche, rend vraisemblable que les grands froids des hivers exceptionnels sont — au moins pour la généralité des formes qui pondent en saison froide — impuissants

---

(1) Et non 28°, qui serait, d'après Richet (*Dictionnaire de physiologie*, t. III, p. 206), *la température la plus élevée observée à la surface de la mer.*

à modifier temporairement la distribution géographique, par destruction des larves (1).

2. L'écart moyen des températures immédiatement mortelles pour celles-ci est d'environ 34°. A ce point de vue, elles sont donc plus *sténothermes* que les larves correspondantes de l'eau douce dans la même région (ce que l'observation des adultes permettrait de prévoir).

J'ai constaté, en effet, que les embryons de *Limnæa ovata* supportent sans dommage un refroidissement prolongé un peu au-dessous de — 2°,5 et ne sont tués qu'à — 4° et à + 44° : l'écart étant ainsi de 48°.

3. Avant d'arriver aux températures mortelles, les embryons et larves d'animaux marins sont engourdis en extension, insensibilisés sans contraction, et ils cessent tout mouvement assez longtemps (exemples : larves *veliger* de *Nassa*, *Polycera*, etc.). La chaleur et le froid agissent sur eux comme stupéfiants ou paralysants, — et permettent ainsi d'étudier et de dessiner aisément ces formes, qui sont, sans cela, toujours en rotation ; l'emploi de cet agent physique est préférable à celui d'anesthésiques chimiques (chlorhydrate de cocaïne ou autre).

---

(1) Il semble cependant qu'il doit en être ainsi pour l'Étrille (*Portunus puber*), dont les disparitions et réapparitions sur la côte française du nord de la Manche suivent immédiatement des hivers respectivement rigoureux et doux. Malheureusement, cette espèce pond à la fin de l'hiver (Giard, communication verbale), et je n'ai pu arriver à temps à la mer pour trouver encore des femelles chargées d'œufs et expérimenter le degré d'eurythermie des embryons et larves.

Mais avant d'atteindre aux points d'engourdissement ou de paralysie, les larves sont déjà fortement gênées et mal à l'aise. Car, dans la nature, elles ne subissent qu'un écart de températures extrêmes à peine égal, en chiffre rond, à 20° C.

Généralement (à l'exception de *Mysis*, voir tableau I), l'adulte de chaque espèce est *plus* résistant à l'élévation de la température que les embryons ou larves; et, parmi ces dernières, la sensibilité à l'accroissement de chaleur est d'autant plus grande que le stade considéré est plus avancé (exemples : *Nassa, Littorina,* Nudibranches, etc.).

4. Les formes moins sensibles — pour un même état de développement — à l'élévation de la température n'ont pas le même régime bionomique que les autres.

Les observations ci-dessus ont été faites, en effet, dans une mer à marées très considérables (jusqu'à 9 mètres). Or les embryons tués vers + 31° habitent tous à la limite des mers basses ordinaires ou au-dessous, c'est-à-dire qu'ils sont presque toujours dans la mer même (formes *côtières*).

Au contraire, les espèces dont les larves sont plus tolérantes, ont leurs pontes entre les limites des marées basses et hautes ordinaires, et sont conséquemment *intercotidales*.

Les embryons du benthos nectonique ou nageur sont généralement dans le cas des premières formes ci-dessus; c'est-à-dire qu'ils sont toujours dans la mer même, soit que les pontes se trouvent sous les basses mers ordinaires, soit que la mère les porte sur elle (beaucoup de Crustacés).

On peut donc dire que les larves du benthos sessile et

vagile intercotidal sont moins sensibles que celles du benthos côtier et du benthos nectonique.

Ainsi, les embryons sont plus eurythermes :

Chez	*Sepiola* *Littorina* et *Patella* *Cenia* *Scoloplos* *Balanus*	que chez	*Sepia*. *Nassa*. *Polycera* et *Dendronotus*. *Phyllodoce*. *Mysis*, etc.

En effet, les organismes intercotidaux et leurs pontes restent, à mer basse, presque à sec ou dans des *mares* (1) peu étendues. L'eau de celles-ci s'échauffe souvent, même de 2 à 4° de plus que l'air (et non seulement d'août à mars, comme en mer, pour l'Europe occidentale, mais toute l'année) ; et cette eau peut atteindre, à 3 heures de l'après-midi, par les chaudes journées de la fin d'août, environ + 28°. Conséquemment, les larves intercotidales peuvent être soumises normalement à des variations thermiques beaucoup plus étendues que les larves des animaux côtiers toujours dans la mer même, dont l'état calorifique est plus régulier, puisque ses variations atteignent à peine 20°.

Ainsi s'explique l'eurythermie plus grande des premières.

---

(1) Voir pour les pontes de *Cenia* : PELSENEER, *La condensation embryogénique chez un Nudibranche*. (TRAV. DU LABORATOIRE WIMEREUX, t. VII, p. 513.)

Résumé.

1° Les larves marines littorales sont assez sténothermes dans les « régions tempérées » (ouest de l'Europe), malgré que l'amplitude des variations de température y soit relativement considérable.

2° Elles résistent moins bien à l'accroissement de température que les larves fluviatiles correspondantes de la même région.

3° Elles supportent mieux l'abaissement que l'élévation de l'état calorifique.

4° La sensibilité à l'accroissement ou à l'abaissement de la température est d'autant plus grande que l'embryon ou larve est moins âgé.

5° Cette sensibilité est d'autant moindre que la forme considérée est plus littorale ou vit dans des eaux plus superficielles.

Conclusions.

On sait que, dans la mer, les variations de température sont *nulles* sous une faible profondeur (avant 100 brasses ou 183 mètres) et que, à la surface, elles sont beaucoup moindres au large (district pélagique) que vers les côtes (district littoral).

En outre, pour le district littoral, le maximum d'amplitude de ces variations s'observe dans les régions tempérées; et pour ce qui concerne l'Europe occidentale, ce maximum siège dans la zone comprise entre 50° et 55° N.

(Manche et partie méridionale de la mer du Nord) (1), où il peut atteindre 20° (2).

C'est à cette dernière zone qu'appartiennent les Invertébrés marins littoraux dont les embryons et larves ont été étudiés. Or il a été reconnu pour eux que l'écart moyen des températures mortelles n'est que de 34° C. Et si ces hauteurs calorifiques extrêmes sont *immédiatement* funestes, il en résulte que des températures beaucoup moins basses et beaucoup moins hautes sont déjà défavorables et nuisibles.

Mais les régions tropicales et polaires du district littoral sont caractérisées, de leur côté, par leurs très faibles variations thermiques [moindres que 5°,5 C. (3)]. Il n'y a donc pas de doute que les larves marines littorales de ces régions (de même que celles du district pélagique) sont manifestement beaucoup *plus sténothermes* encore.

Et comme la dissémination des larves libres est le principal mode de dispersion des animaux marins, on s'explique l'impossibilité pour les formes littorales, tant des tropiques que des mers polaires, de s'étendre vers les zones tempérées, à grandes variations thermiques,

---

(1) Murray, *On the annual Range of Temperature in the Surface waters of the Ocean and its relation to other oceanographical Phenomena*, Geogr. Journ., 1888, map.

(2) Soit les deux tiers environ de l'écart entre les températures mortelles. Ce rapport est sensiblement le même pour les larves correspondantes de l'eau douce, dans la même région. Les pontes de *Limnæa ovata* se trouvent en effet dans des mares dont l'eau, à la fin de certaines nuits d'avril, est près de 0°, tandis que, pendant les après-midi de l'été, elle peut s'échauffer jusqu'à 32°; et d'autre part les embryons meurent à — 4° et à + 44°.

(3) Murray, *loc. cit.*, map.

— et aussi la difficulté pour les animaux littoraux des régions tempérées, de se répandre dans les districts polaires et tropical, où s'observent respectivement des températures extrêmes de — 3°,33 C. et de + 35°,5 C.; leurs larves sont en effet immédiatement tuées à — 3° et + 31°, et, bien avant ces points extrêmes, elles sont très fortement gênées.

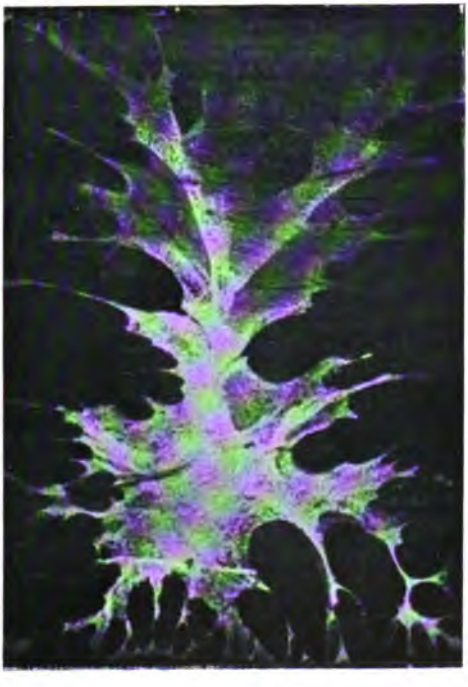
On comprend ainsi la séparation nette et persistante des provinces marines littorales actuelles *de latitude différente* et l'impossibilité, pour leurs composants, de pénétrer plus loin qu'un étroit « territoire de mélange » qui limite les grandes zones géographiques.

—

Note sur la confection des plateaux de résine pour l'observation des manifestations du nouveau fluide; par P. De Heen, membre de l'Académie.

Dans une série de notes, nous nous sommes occupé des curieuses manifestations d'un fluide élastique, très répandu dans la nature, et dont la propriété la plus caractéristique consiste à déplacer l'énergie électrique à la surface d'un diélectrique, notamment de la résine. Mais il importe que celle-ci satisfasse à deux conditions : il faut d'abord que la surface soit capable de condenser une quantité suffisante d'électricité, et il faut ensuite que celle-ci puisse glisser avec une grande facilité sur cette surface.

Le plateau ne présente pas ces conditions lorsque après avoir été soumis aux frictions d'un conducteur à haut potentiel, la figure que l'on obtient en répandant de



la poudre de soufre se compose, pour l'électricité positive, d'une série de petites étoiles ramifiées ou plus ou moins enchevêtrées (fig. 1).

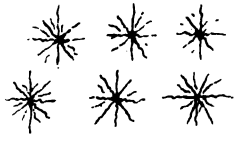


Fig. 1.

Il faut, au contraire, que l'on obtienne une figure continue telle que celle que nous reproduisons par la photographie, et qui représente assez bien l'image d'une feuille. Toutes les colophanes ne satisfont pas à cette condition; mais pour les modifier, il suffit généralement d'ajouter pendant la fusion une petite quantité de goudron végétal : 20 à 50 ‰.

En coulant une série de petits plateaux d'essai, on arrive rapidement au résultat voulu.

—

Étude des lois qui régissent la décharge des conducteurs électrisés par les émanations des flammes et des substances radio-actives ; par P. De Heen, membre de l'Académie.

Le but que nous nous sommes proposé est d'étudier, non pas la décharge produite par une radiation, mais bien par l'atmosphère supposée calme dans laquelle plonge le conducteur placé de telle manière qu'il ne puisse être atteint par une radiation émanant d'une poudre radio-active ou d'une flamme.

L'appareil n'est autre que celui que nous avons représenté figure 1 et qui dispense de toute description. La tige t est mise en communication avec la terre, de telle manière que le plateau p' joue le rôle de plateau de condensateur. La distance que séparait le plateau p' du

plateau p'' était de 9 millimètres environ. La poudre radio-active ou le liquide combustible était disposé sur le plateau p en g.

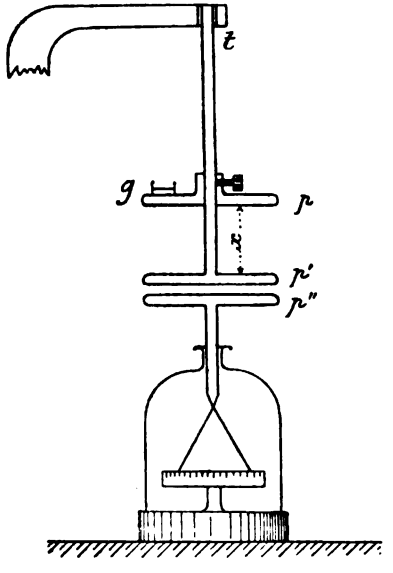


Fig. 1.

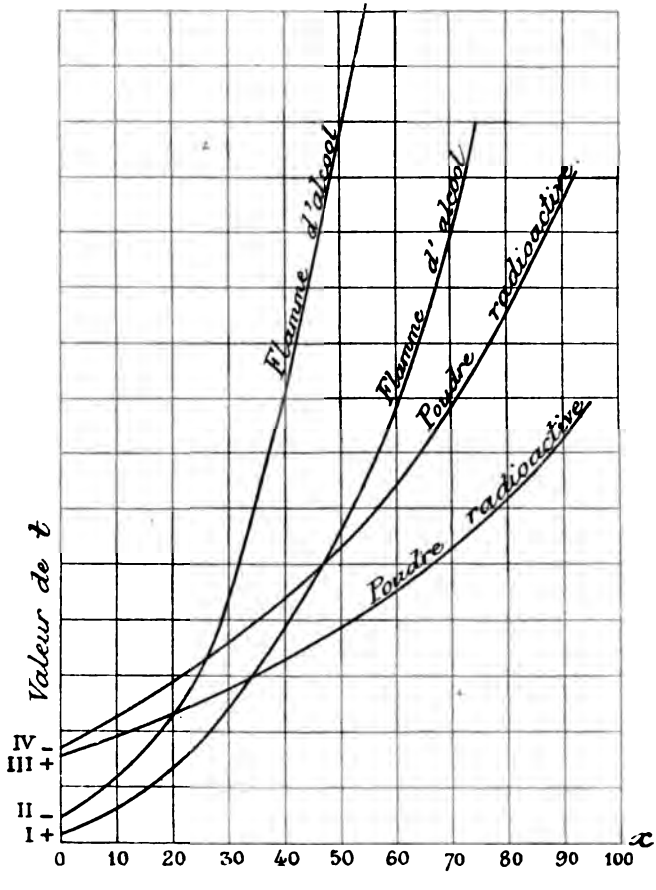
Dans ces conditions, aucun rayon émanant de ces sources ne pouvait venir rencontrer le conducteur électrisé, et la décharge était le résultat d'une manifestation se transmettant de proche en proche dans l'espace intermédiaire. S'il en est ainsi, on doit s'attendre à trouver une certaine analogie entre les lois qui régissent la propagation de la chaleur et celles qui régissent la propagation de l'énergie dont nous nous occupons.

Nous avons effectivement constaté que les variations

des temps de décharge lorsque l'on fait varier x s'expriment par une formule de la forme

$$t = B + Axe^{a\sqrt{x}}.$$

Dans cette expression, B, A et a représentent des constantes.



L'électroscope étant chargé positivement, on trouve pour la flamme d'alcool :

(Courbe I). $t = 2 + 0{,}16xe^{0,[illegible]\sqrt{x}}$.

L'électroscope étant chargé négativement :

(Courbe II) $t = 5 + 0{,}163xe^{0,[illegible]\sqrt{x}}$.

Pour la poudre radio-active :

L'électroscope étant chargé positivement :

(Courbe III) $t = 15 + 0{,}372xe^{0,0[illegible]\sqrt{x}}$.

L'électroscope étant chargé négativement :

(Courbe IV) $t = 17 + 0{,}4xe^{0,[illegible]\sqrt{x}}$.

Si l'on dispose l'appareil de manière à pouvoir faire varier la pression, on trouve que *la vitesse de décharge devient plus grande lorsque la pression diminue.*

On sait que l'inverse a lieu si le conducteur est soumis à une radiation, ainsi que nous l'avons du reste vérifié à l'aide du même appareil pour les rayons X.

La nature du gaz exerce une influence qui peut être considérable. C'est ainsi que l'on trouve dans l'air, dans le gaz d'éclairage et dans l'anhydride carbonique, des temps de décharge qui sont respectivement représentés par 36, 30 et 77.

Ces nombres permettent de reconnaître que le phénomène n'est pas étroitement lié au phénomène de la diffusion, la vitesse de décharge étant à peu près la même dans l'air et dans le gaz d'éclairage.

La nature de la flamme exerce également une influence

considérable; c'est ainsi que l'alcool brûle avec une flamme très active, alors que l'activité de la flamme de sulfure de carbone est presque nulle.

Cette manifestation de l'énergie est très absorbable par les corps voisins. Si l'appareil est mis sous une cloche ou à l'intérieur d'un manchon en verre, la vitesse de décharge est diminuée dans une grande proportion, même si l'extrémité inférieure du manchon affleure avec le niveau de la poudre. Les choses se passent comme si l'on voulait montrer la propagation de la chaleur dans un gaz, alors qu'une paroi voisine serait à très basse température.

Réflexions sur les faits constatés et conjectures.

Lorsqu'un gaz est soumis à l'action d'un foyer radio-actif, il paraît vraisemblable d'admettre que chaque molécule devient elle-même le siège d'un *rayonnement particulaire* spécial (jusqu'à présent les idées admises à cet égard sont peu concordantes, au moins en apparence, les uns faisant appel à un rayonnement secondaire des molécules, les autres à une ionisation), et, dans ces conditions, la propagation de cette énergie devra se faire suivant des lois analogues à celles qui régissent la conduction pour la chaleur.

Mais le fait qui frappe tout d'abord est que la conduction est différente pour l'émanation issue de la poudre radio-active et de la flamme d'alcool.

Les rayons particulaires sont donc différents pour l'alcool et pour la substance radio-active, ce sont des rayons d'ordres différents, de même que cela a lieu pour les rayons X, ainsi que M. Dwelshauwers-Dery l'a montré la première fois.

Nous pouvons nous demander maintenant si une pareille conception peut offrir une analogie quelconque avec l'idée de l'ionisation.

Bien qu'à première vue cette conception paraisse complètement différente, il existe à notre avis un lien très intime. Nous avons en effet défendu cette thèse que toutes ces manifestations (rayons cathodiques, rayons X, etc.) sont le résultat de projections d'éléments à des degrés de raffinement différents. *Une molécule qui s'ionise est donc une molécule qui émet cet ordre de rayons,* d'après cette conception même, si l'on admet la projection des éléments au moment où ils se séparent de l'atome ou de la molécule.

La molécule peut être plus ou moins ébranlée suivant l'intensité de la projection radio-active, et, dès lors, les rayons particulaires secondaires qui en résultent peuvent être plus ou moins pénétrants. Nous avons observé qu'ils l'étaient davantage pour la poudre radio-active que pour la flamme d'alcool.

On voit que l'idée de l'*action des gaz* pour expliquer la décharge par les flammes est au moins en partie vraie; elle n'avait que l'inconvénient d'être excessivement vague.

Il faut donc admettre, ainsi que d'autres physiciens l'admettent déjà, qu'il s'agit ici d'une ionisation dont le degré de raffinement est incomparablement plus grand que celui de l'électrolyse et dont le terme final semble être l'éther. Cette manière de concevoir les choses cadre parfaitement avec l'opinion que les atomes des chimistes sont eux-mêmes composés d'un grand nombre de sous-atomes. Nous avons émis cette conjoncture dans notre discours du 16 décembre 1892, afin d'expliquer les phénomènes spectraux.

Lorsqu'un rayon lumineux vient à frapper une surface, on sait qu'il existe une composante normale. Si nous considérons donc un corpuscule d'éther venant frapper normalement ou sous une certaine incidence une surface métallique, on peut concevoir que celui-ci se comporte à peu près comme une bille élastique venant rencontrer un plan. Et l'image qui nous paraît représenter assez bien la production de l'ordre des émanations cathodiques, X ou autres, serait celle d'une bille élastique venant frapper une surface solide recouverte d'un liquide, dont les éclaboussures représenteraient l'ordre des rayons considérés. (Radio-active Le Bon et pulvérisation Lénard.)

S'il en est ainsi, la polarisation du rayon incident doit exercer une grande influence, ainsi que MM. Elster et Gietel l'ont remarqué (*).

Disons en terminant que nous avons encore constaté le fait suivant qui vient à l'appui de cette thèse. Si un corpuscule émis par la flamme d'alcool est doué d'une vitesse plus faible qu'un corpuscule émis par une substance radio-active, le corpuscule émis par cette dernière substance sera plus actif sur l'électroscope que celui émis par la flamme, les masses étant supposées égales.

Or, s'il en est ainsi, lorsque nous règlerons la distance de la flamme et de la poudre radio-active de manière à obtenir la même vitesse de décharge à l'électroscope, la flamme enverra plus de corpuscules que la poudre radio-active, c'est-à-dire une plus grande quantité de fluide nouveau. C'est effectivement ce que l'expérience démontre si on le reçoit sur un plateau de résine électrisée.

(*) *Wied Ann.*, t. LV, p. 684, 1895.

Le sous-sol de Bruxelles au point de vue du projet de jonction des gares du Nord et du Midi; par Michel Mourlon, membre de l'Académie.

Plusieurs de nos confrères ayant bien voulu me questionner au sujet des discussions auxquelles donne lieu le projet de jonction Nord-Midi à travers la ville et l'établissement d'une gare centrale au cœur de Bruxelles, discussions qui se produisent tant dans la presse qu'au sein même de la Chambre des Représentants et de la Société belge de géologie, où des réunions spéciales sont réservées exclusivement à la question du « boulant », j'ai pensé qu'il ne serait peut-être pas inutile de présenter les quelques considérations qui vont suivre au sujet du *sous-sol* de la capitale.

S'il fallait en croire ce qu'en a dit un ministre d'État à la séance de la Chambre du 3 mai écoulé, on ne connaitrait pas assez ce sous-sol pour pouvoir s'engager dans le travail en question.

C'est bien certainement en grande partie pour ce motif que le projet de jonction Nord-Midi, bien qu'émanant d'un ingénieur distingué, M. Bruneel, suscite dans le public bruxellois une certaine méfiance.

Mais cela résulte, à mon avis, de ce que l'on ne fait pas une distinction suffisante entre le sous-sol du bas, du haut et de la partie intermédiaire de la ville, cette dernière étant précisément celle où doit passer le tunnel projeté.

Le sous-sol du bas de la ville, qui est en réalité le véritable sol de cette partie, est formé par une forte

épaisseur d'alluvions tourbeuses de la vallée de la Senne, et la simple vue de ce qui se passe en ce moment pour l'établissement des fondations de l'annexe de la Caisse d'épargne, située rue Fossé-aux-Loups, à proximité de la rue du Marais, dont le nom rappelle bien l'origine, est suffisante pour montrer la défectuosité du sous-sol du bas de la ville.

Quant à celui du haut de la ville, on sait qu'il est formé par les sables bruxelliens, le plus souvent très aquifères et qui, sur leur prolongement au sud, fournissent l'excellente et abondante eau dite : « eau de la ville ».

Mais pour ce qui est du sous-sol de la partie intermédiaire, les sondages pratiqués jusqu'ici, tant au Jardin botanique que dans la rue Pachéco et dans la caserne Sainte-Élisabeth, ont donné des résultats que l'on peut considérer comme extrêmement satisfaisants. Ces sondages, effectués par le Service géologique, de concert avec mon collègue M. Rutot, ont montré, en effet, que le sous-sol de cette partie à mi-côte est formé, en majeure partie, de sable ypresien sec, qui ne présente un peu d'humidité qu'à certaines places où se trouvent de petites lentilles d'argile. (On sait que le sable fin présente un maximum de cohésion lorsqu'il est imprégné d'un peu d'humidité, l'eau agissant alors par adhérence en vertu de la capillarité, tandis que ce sable, s'il était absolument sec, coulerait comme dans un sablier.)

Mais nulle part la sonde n'a encore révélé dans la partie étudiée jusqu'ici, où passera le tunnel, la présence de sable mélangé d'eau en quantité suffisante pour remonter dans les tubes et constituer ce qu'on appelle le « boulant ».

J'ajouterai qu'un sondage pratiqué dans les dépendances de la maison portant le numéro 35 de la rue Pachéco, et qui a été poussé, dans un intérêt scientifique, jusqu'à 47 mètres de profondeur, a rencontré le vrai boulant, mais à 12 mètres seulement en dessous du niveau qui sera celui du rail, ce qui le rend complètement inoffensif.

Ce même sondage a fourni encore une donnée bien importante : c'est celle du niveau de l'argile ypresienne (Yc), correspondant au *London clay*, qu'il ne faut pas confondre avec les lentilles d'argile mentionnées plus haut dans le sable fin ypresien (Yd); ce niveau est bien, comme le faisaient prévoir mes dernières études dans la vallée de la Senne, à une profondeur beaucoup plus grande qu'on ne l'avait renseigné auparavant, soit à $40^{m},80$ de l'orifice du sondage en question (cote 33), soit à la cote -7 seulement en chiffres ronds, et non à 25 mètres au-dessus du niveau de la mer, comme l'exigeait un des nombreux projets, lequel, se basant sur cette dernière indication, voulait faire la jonction Nord-Midi dans l'épais dépôt d'argile ypresienne, qui n'apparaît qu'à plus de 32 mètres en dessous du niveau renseigné.

Je suis porté à croire que des conditions aussi favorables se présenteront, tout au moins, sur la plus grande partie du parcours du tunnel projeté, et je puis affirmer que ce qui a été avancé, notamment au sujet des fondations de Sainte-Gudule, qui s'étendraient bien au delà de l'édifice, voire même jusqu'au tunnel projeté, est absolument erroné.

Il résulte, en effet, d'une belle coupe de 8 à 9 mètres de hauteur qu'il m'a été donné d'observer en mai 1876,

un peu en contre-bas de l'église, dans un déblai pratiqué pour les fondations et la construction de doubles caves des maisons du haut de la rue Sainte-Gudule, que l'on y constatait la présence de sables parfaitement en place dans des conditions identiques aussi favorables que ceux des sondages pratiqués jusqu'ici et sans aucune espèce d'apparence de ces fondations imaginaires qui doivent aller rejoindre, dans le compartiment de l'oubli, toutes les autres inventions auxquelles le projet de tunnel a donné naissance.

Si l'on veut bien réfléchir aux conséquences qu'entraînent forcément les déclarations qui précèdent, on pourra se convaincre que, non seulement le tracé qui a été adopté pour opérer la jonction indispensable du Nord au Midi, paraît bien être sans aucun danger, mais qu'il en serait tout autrement si l'on en adoptait un autre, soit dans les alluvions de la vallée (projet Montefiore), ce qui entraînerait forcément un abaissement considérable de certains édifices, tels que la gare de l'Entrepôt et celle du Midi; soit dans les sables bruxelliens du haut de la ville, dans lesquels il faudrait recourir à des rampes invraisemblables partant de Schaerbeek et de Forest pour faire passer le tunnel au-dessus de la nappe phréatique.

—

Des systèmes homogènes. — *Généralisation d'un théorème de la théorie des réseaux;* par G. Cesàro, correspondant de l'Académie.

1° L'idée que l'on se fait habituellement d'un corps solide homogène est la suivante : En chaque point du corps, et suivant n'importe quelle direction, l'arrangement est le même, de sorte que deux solides géométri-

quement égaux extraits en deux points de la masse, avec leurs dimensions homologues *parallèles ou non*, sont identiques physiquement et chimiquement. Il est facile de voir que cette définition du corps *amorphe homogène* ne doit pas être prise d'une manière absolue, que l'arrangement défini ci-dessus ne saurait convenir qu'à de la matière continue et qu'un système de points disposés d'une manière homogène, satisfaisant à cette définition, est *impossible*. Effectivement, dans un tel système, les points immédiatement voisins devant se trouver à la même distance respective a, dans un plan qui en contient trois, *tous* les points se trouveraient aux sommets d'un réseau à maille triangulaire équilatérale de côté a. Or, si l'on joint un sommet quelconque de ce réseau à d'autres sommets non situés sur les côtés passant par ce point, on obtient une infinité de directions dans lesquelles l'arrangement est différent de l'arrangement primitif, vu que les points voisins s'y trouvent à des distances $a\sqrt{3}$, $a\sqrt{7}$, etc. L'homogénéité absolue est donc un type irréalisable par un système non continu.

2° Si dans la définition de l'homogénéité donnée ci-dessus on laisse de côté une condition, celle de l'arrangement identique suivant *toutes* les directions contenant des points du système et que l'on n'exige l'identité d'arrangement que pour les *directions parallèles*, on parvient à des systèmes parfaitement réalisables : ce sont les cristaux. Une masse cristallisée est caractérisée par le fait que, si, en deux points quelconques, on prélève des solides *égaux et parallèles*, ces solides sont identiques physiquement et chimiquement. En autres termes, en revenant à une définition géométrique, un système de

points est dit cristallisé lorsqu'on peut, *en le déplaçant parallèlement à lui-même, le superposer à son ancienne position, sans que rien ne paraisse changé, et cela parallèlement à une infinité de plans.* Comme trois translations non parallèles à un même plan suffisent pour en engendrer une infinité, on peut dire qu'un *système cristallisé est celui qui peut être restitué par trois translations non parallèles à un même plan.*

3° Mais, entre l'état homogène amorphe, théoriquement impossible, et celui des masses cristallines que nous venons de définir, n'y a-t-il pas des états intermédiaires auxquels on peut appliquer la désignation d'homogène?

L'idée qui nous porte à dire qu'un cristal est homogène, la voici : si nous nous supposons placés successivement en deux points du système, si nous examinons l'arrangement dans tous les sens, il nous est impossible de distinguer nos deux positions l'une de l'autre; nous en concluons que la cause qui a déterminé l'arrangement s'est exercée d'une façon identique partout, que le phénomène s'est produit d'une manière homogène. En généralisant, nous entendons l'homogénéité d'un système comme ceci :

Un système est homogène lorsque l'arrangement de ses points a été produit par une cause qui, en agissant d'une manière uniforme en une *infinité* de ses points, a disposé ceux-ci uniformément, de sorte qu'ils ne peuvent être distingués les uns des autres par l'examen de leur position.

Au point de vue géométrique, on arrive à la définition suivante :

Un système de points est dit homogène lorsqu'il est sus-

ceptible d'être superposé à lui-même par un certain déplacement (*).

Cette définition montre qu'il y a des systèmes homogènes autres que les cristaux. Ainsi le système formé par des points également espacés sur une hélice cylindrique est un système homogène.

Nous avons dit ci-dessus qu'une *infinité* de points de l'arrangement homogène ne peuvent être distingués entre eux, mais cela n'implique pas que la totalité des points se trouve dans cette condition. L'homogénéité sera d'autant plus grande que le rapport entre le nombre de points non distinguables entre eux et le nombre total des points du système est plus considérable. Ainsi, le *système linéaire homogène* formé par des points également espacés sur une droite ou sur une hélice cylindrique possède l'homogénéité maxima (comme les cristaux dans les systèmes solides), parce que la *totalité* de ses points présente une identité absolue de position. Si, au contraire, on plaçait des groupes de trois points équidistants de a, sur la même droite ou hélice, à des distances égales plus grandes que a, on obtiendrait encore un système linéaire homogène, mais dont l'homogénéité est moindre que celle du système précédent, vu qu'il n'y a plus que le tiers des points qui jouissent de la propriété de ne pas pouvoir être distingués entre eux.

4° Dans ce qui précède, nous n'avons fait aucune hypothèse sur la nature des points qui forment le système; ces points peuvent être de différentes espèces : des

(*) Autre qu'une rotation de 360° autour d'un axe.

points α, des points β, etc.; lorsqu'on dit qu'après déplacement le système est restitué, cela veut dire que les points α viennent se mettre sur des points α, les points β sur des points β, etc. (*).

Au point de vue géométrique, on peut donc dire « qu'un système de points est dit homogène lorsqu'il est » susceptible, par un déplacement autre qu'une rotation » de 360°, de venir se superposer à lui-même, de » manière que les points d'une certaine espèce viennent, » après restitution, coïncider avec des points de la » même espèce ».

Au point de vue physique et chimique, il faut ajouter une autre condition pour que le système défini ci-dessus représente l'arrangement interne d'un corps matériel homogène : les points désignés par α, β, etc., sont les centres atomiques des différentes matières simples qui constituent le corps cristallisé que l'on considère; nos idées actuelles nous portent à envisager ces centres groupés de manière à former des molécules égales et parallèles : *les distances entre les centres qui forment un groupe et les centres homologues d'un groupe voisin, tout en étant très petites, sont très grandes par rapport aux distances mutuelles des centres qui forment un groupe.*

La présente note sert d'introduction à un mémoire qui a pour but de chercher *tous les systèmes possibles qui peuvent, après déplacement, venir occuper une position que l'on ne saurait distinguer de la position primitive.* Ces

---

(*) De même, lorsqu'on dit qu'une partie ou la *totalité* des points du système ne peuvent être distingués entre eux, il s'agit naturellement des points de même espèce.

systèmes seront appelés : *systèmes homogènes*. Nous allons indiquer la division de cette étude, ainsi que quelques conclusions générales :

Le moyen le plus général pour porter un solide d'une position à une autre est un mouvement hélicoïdal, c'est-à-dire un mouvement de rotation autour d'un axe, suivi d'une translation parallèle à ce dernier; mais il se peut qu'une simple translation ou une simple rotation suffise. On est donc amené à distinguer :

A) Systèmes restituables par une simple translation;

B) Systèmes restituables par une simple rotation;

C) Systèmes restituables par une rotation et une translation combinées.

A. — *Systèmes restituables par translation.*

1° Un premier système est celui dans lequel il n'existe *qu'une seule direction de translation qui le restitue*. Ce système se conçoit immédiatement : Que l'on s'imagine un faisceau de droites parallèles situées à des distances réciproques quelconques; les points du système se trouvent alignés suivant ces droites, de manière que sur chacune d'elles les points voisins de même nature se trouvent l'un de l'autre à une distance constante a. Les translations a, $2a$, ... na restituent le système.

Ce système n'est pas un cristal, vu qu'il ne se restitue que suivant une seule direction de translation, mais il est réalisé dans les groupements cristallins, par exemple dans celui de n cristaux orthorhombiques groupés autour d'une arête verticale commune dont l'angle dièdre est $\frac{2\pi}{n}$.

2° Une deuxième catégorie comprend les systèmes restituables par *plusieurs translations parallèles à un même plan :* que l'on s'imagine, dans des plans parallèles espacés d'une manière quelconque, des points placés de manière que les points de même espèce y dessinent un réseau parallélogrammique, les côtés de chaque parallélogramme étant respectivement égaux et parallèles à deux translations.

Ces systèmes n'ont pas encore l'homogénéité des cristaux, mais sont réalisés dans toute macle ayant pour plan de jonction un plan cristallin : toute direction cristalline du plan de macle commun est une direction de restitution des deux cristaux et, par conséquent, de leur ensemble.

3° La troisième catégorie comprend les systèmes restituables *par trois translations non parallèles au même plan :* les points de même espèce y dessinent dans l'espace des réseaux parallélipipédiques, les côtés de chaque parallélipipède étant respectivement égaux et parallèles aux trois translations. Ce sont les *cristaux, tant holoédriques qu'hémiédriques.*

B. — *Systèmes restituables par rotation.*

Les systèmes restituables par une simple rotation se subdivisent d'une manière analogue suivant que la restitution ne peut s'effectuer qu'autour d'un axe, ou bien qu'elle est possible autour de deux axes parallèles, de deux axes qui se coupent, ou de deux axes non situés dans un même plan.

1° Les systèmes ne possédant *qu'un seul axe de restitution* se conçoivent immédiatement : Sur des circonfé-

rences, de rayon quelconque et espacées d'une manière quelconque, ayant leur centre sur l'axe et leur plan perpendiculaire à ce dernier, les points se trouvent également espacés sur des rayons faisant entre eux un angle constant φ (*).

Ces systèmes homogènes sont réalisés plus ou moins parfaitement dans les concrétions cylindriques, coniques, etc.

2° *Les systèmes restituables autour de deux axes parallèles* sont très intéressants : la plupart (**) des cristaux sont compris dans cette catégorie. On comprend que l'existence des deux axes a et b entraîne celle d'une infinité d'autres axes parallèles d'espèces a et b; or, comme deux rotations égales et de signe contraire autour de deux axes parallèles équivalent à une translation située dans un plan normal à ces axes, on voit que l'on rencontrera dans cette catégorie des systèmes restituables par translation, cas particuliers de A.

Comme exemple d'un système jouissant de la propriété ci-dessus, sans former un cristal homogène, on peut citer la macle de deux cristaux rhomboédriques joints par un plan normal à leur axe ternaire, système qui est donc un cas particulier du 2°-A.

3° *Les systèmes restituables autour de deux axes qui se coupent* s'étudient en observant que la combinaison de ces axes par la méthode d'Euler donne encore des axes autour desquels la restitution peut être effectuée. Se rapportent à cette catégorie certaines macles, par exemple

---

(*) L'angle φ doit être de la forme $\frac{2\pi}{n}$, n étant un entier (voir p. 316).

(**) Ne font exception que les cristaux appartenant au système clinoédrique.

celle de deux cristaux clinorhombiques joints par un plan cristallin normal au plan de symétrie (gypse, hornblende, orthose, etc.), macle qui peut être restituée par des rotations de 180° autour de trois axes perpendiculaires deux à deux.

4° *Systèmes restituables autour de deux axes non situés dans le même plan.* La rotation de l'axe a autour de l'axe b engendre de nouveaux axes a', a'', etc.; b, en tournant autour de a, a', a'' ....., engendre de nouveaux axes b', b'', etc.; on parvient ainsi à un système possédant une infinité de droites autour desquelles il peut être restitué. Si, parmi ces axes, il y en a deux qui sont parallèles ou qui se coupent, on est ramené aux cas précédents; les masses cristallisées, notamment, possèdent des axes non situés dans le même plan, appartenant à des faisceaux formés d'un nombre infini d'axes parallèles. Mais *est-il possible de concevoir un système de points possédant une infinité d'axes parmi lesquels il n'en existe ni de parallèles ni de convergents?*

Cette question nous a longtemps embarrassé; on peut la résoudre très simplement comme il suit :

On sait que des rotations successives autour de deux axes a, b, non situés dans un même plan, peuvent être remplacées par une rotation et une translation et, par conséquent, par un mouvement hélicoïdal.

Cet axe hélicoïdal ne sera certainement pas le seul possédé par le système, car, même qu'il coïncidait avec a, la rotation autour de b en engendrerait d'autres, etc. On voit facilement que ces axes hélicoïdaux sont en nombre infini. Par conséquent : « Tout système resti-
» tuable par rotation autour de deux axes, non situés
» dans un même plan, peut être restitué par des mouve-

» ments hélicoïdaux effectués autour d'une infinité de » droites. » Or, on va voir (2°-C) qu'un tel système est toujours restituable par translation suivant plusieurs directions; ces translations amenant les axes a, b dans des positions parallèles aux primitives, il s'ensuit que la réponse à la question reproduite ci-dessus en italique est négative.

C. — *Systèmes restituables par la combinaison d'une translation et d'une rotation.*

1° *Systèmes ne possédant qu'un axe de restitution hélicoïdale.* Ces systèmes sont faciles à concevoir : Que l'on s'imagine un faisceau de droites rencontrant perpendiculairement un même axe, deux droites consécutives étant distantes entre elles de h, et tournées l'une par rapport à l'autre d'un angle φ compté dans le même sens; que l'on place sur ces droites, à une distance r de l'axe, des points d'espèce α. Sur le même faisceau, ou sur un autre faisceau de même axe, correspondant aux mêmes valeurs de h et de φ, que l'on place, à une distance r' de l'axe, des points d'espèce β, et ainsi de suite. Ce système sera restitué par une rotation φ autour de l'axe commun aux hélices sur lesquelles se trouvent les points de même espèce, suivie d'une translation h parallèle à cet axe.

Cet arrangement paraît réalisé dans certains bâtonnets d'anthracite de Visé, décrits par M. Max Lohest.

Il est facile de voir que les systèmes C ne sont que des cas particuliers de A. En effet, il sera démontré que la plus petite rotation φ amenant la restitution hélicoïdale est de la forme $\varphi = \frac{2\pi}{n}$, n étant un entier. Après le pre-

mier mouvement hélicoïdal (φ, h), le système ne pouvant être distingué de l'ancien, un deuxième mouvement hélicoïdal, identique au premier, donnera encore la restitution, et ainsi de suite, de sorte qu'après n mouvements (φ, h), le système sera encore restitué; mais, à ce moment, la rotation effectuée étant de 360°, le système a subi une simple translation nh; donc, etc. Ainsi : *Tout système restituable par un mouvement hélicoïdal est aussi restituable par une translation parallèle à l'axe de ce mouvement.*

2° *Systèmes possédant deux axes de restitution hélicoïdale.*

a) Si les *axes* sont *parallèles*, nous allons démontrer qu'outre la translation dont il vient d'être question dans le 1°, il en existe au moins une autre qui restitue le système.

En effet, si $a = \lambda_{\varphi, h}$ et $b = \lambda_{\varphi', h'}$ sont les deux axes, le mouvement hélicoïdal du premier autour du second engendrera au moins un autre $\lambda_{\varphi, h}$, axe qui sera *parallèle* au premier et que nous désignerons par a'. Or, par définition même du système homogène, un mouvement hélicoïdal inverse ($-\varphi$, $-h$) effectué autour de a' devant le restituer, il s'ensuit que la combinaison des mouvements (φ, h), ($-\varphi$, $-h$), effectués successivement, le premier autour de a, le second autour de a', doit aussi restituer le système, et il est facile de voir que cette combinaison revient à une translation unique *normale* aux axes a, a'.

Il faut observer que si φ est différent de 180°, on obtient plusieurs positions a' et, par conséquent, plusieurs translations restitutrices dans un plan normal à ab. *On arrive donc aux cristaux, sauf dans le cas particulier : $\varphi = \varphi' = 180°$, qui conduit à un système de la catégorie 2°-A.*

b) Si les *axes* ne sont *pas situés dans le même plan*, en

conservant les mêmes notations, comme φ' est plus petit que 360°, a' ne sera dans aucun cas parallèle à a et l'on obtient trois directions de translation restitutrices (a, b, a') non parallèles au même plan. *Un tel assemblage est donc toujours un cristal.*

c) Si les *axes se coupent,* le même raisonnement subsiste, sauf si $\varphi' = 180°$; a, b et a' sont alors situés dans un même plan, et le système peut se rapporter à la catégorie 2°-A.

Ce qui précède peut s'énoncer ainsi :

Tout système restituable par plusieurs mouvements hélicoïdaux est un cristal ; il ne peut y avoir exception que dans le cas où il existe deux axes hélicoïdaux situés dans un même plan et correspondant à des rotations de 180°.

On peut voir par ce qui précède que la définition adoptée pour l'homogénéité fait rentrer dans la catégorie des arrangements homogènes tous les corps régulièrement agencés, tels que les groupements cristallins, les macles, les concrétions, etc.

En réalité, l'homogénéité n'est pas du même degré dans tous ces systèmes : tandis que dans les cristaux l'homogénéité est absolue, l'identité s'observant en tous les points du système, dans l'arrangement en spirale (1° - C), l'identité absolue ne s'observe que pour les points situés sur une même hélice, les points situés sur une même génératrice rectiligne de l'hélicoïde pouvant être distingués entre eux par leur distance à l'axe, etc. Le nombre de points formant l'arrangement *identique* est infini dans les deux cas, mais dans le cristal l'infini est d'un ordre supérieur à celui relatif à l'arrangement en spirale. Le caractère commun à tous les cas est

celui-ci : ce qui s'est passé en *a* s'est passé identiquement en un certain point voisin *b*, de sorte que l'on peut porter *b* en *a*, tout en laissant le système apparemment dans la même position. On va voir que certaines propriétés que l'on serait tenté d'attribuer uniquement aux cristaux existent aussi pour d'autres corps homogènes.

GÉNÉRALISATION D'UN THÉORÈME DE LA THÉORIE DES RÉSEAUX.

Bravais a démontré qu'un réseau ne peut posséder que des axes de symétrie de l'ordre 2, 3, 4 ou 6. Or, cette propriété appartient aussi bien aux réseaux (ou aux *cristaux holoédriques*) qu'aux *cristaux hémiédriques*. Il est vrai que Bravais arrive à ce dernier résultat en observant que l'introduction de la molécule aux nœuds du réseau ne peut mettre en évidence que les axes de ce dernier ou des axes d'ordre sous-multiple; mais toujours est-il qu'*au point de vue géométrique* on peut se demander la raison de cette loi que Bravais ne démontre que pour les réseaux et qui existe pour tous les cristaux. *Cette propriété est indépendante de la théorie moléculaire et découle simplement de deux faits expérimentaux : 1° La matière n'est pas continue; 2° Les cristaux sont homogènes.*

On peut aller plus loin et se demander s'il n'y a que les cristaux qui jouissent de cette propriété remarquable, ou bien si celle-ci n'appartient pas à d'autres systèmes plus généraux, dont les cristaux seraient des cas particuliers.

Effectivement, nous allons faire voir que le théorème dont il s'agit s'applique à tous les systèmes restituables par translation; il s'applique donc non seulement aux

cristaux qui en forment la troisième catégorie (3° - A), mais aussi à tous ceux de la deuxième et, sauf dans un cas particulier, à ceux de la première catégorie. Le théorème généralisé peut s'énoncer comme il suit :

Si, dans un système superposable à lui-même par une translation, il existe une droite en tournant autour de laquelle (d'un angle différent de 2π) le système peut aussi être restitué, le plus petit angle qui donne la restitution doit être de 180°, 120°, 90° *ou* 60°.

Voici la démonstration de cette propriété :

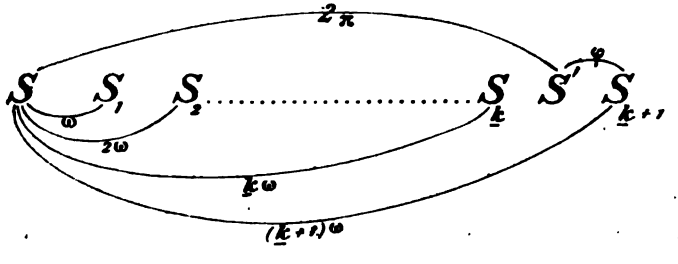
I.

Si un système de points se restitue par rotation autour d'un axe, la plus petite rotation qui effectue cette restitution est de la forme $\omega = \frac{2\pi}{n}$, n *étant un entier.*

En effet, supposons que la quantité $\frac{2\pi}{\omega}$ ne soit pas entière; si k et $k+1$ sont les entiers consécutifs qui la comprennent, on aura

$$k\omega < 2\pi < (k+1)\omega.$$

Désignons par S, S_1, S_2 ..... respectivement la position initiale du système, puis celles qu'il occupe après les rotations ω, 2ω ..... autour de l'axe :



par hypothèse S_1 coïncide avec S et, par conséquent, S_2 coïncide aussi avec S_1, et ainsi de suite; c'est-à-dire qu'après k rotation ω il y a restitution de même qu'après $k+1$ rotation ω. Mais, entre les moments où S occupe les positions S_k et S_{k+1}, à un moment donné, l'amplitude de la rotation devient 2π; en ce moment, le système occupe une position S' *identique* à S; en continuant la rotation, le système pourrait donc être amené de sa position initiale S' à une position S_{k+1} identique en apparence *par une rotation* φ *plus petite que* ω, ce qui est contraire à l'hypothèse. Donc, etc.

II.

Dans tout système de points restituable par translation, il ne peut exister que des axes d'ordre (*) 2, 3, 4 *ou* 6, *sauf dans le cas où le système n'est restituable par translation que parallèlement à l'axe.*

Soit A^n un axe d'ordre n; une translation restitutrice, non parallèle à cet axe, amène celui-ci en une position parallèle, qui est encore un A^n, vu que le système est restitué; une deuxième translation égale et de même sens que la première donne un nouveau A^n, et ainsi de suite; on obtient ainsi une suite indéfinie de A^n équidistants, situés dans un même plan. En outre, chaque axe, en tournant de $\frac{2\pi}{n}$ autour d'un autre, engendre de nou-

(*) Si $\frac{2\pi}{n}$ est la plus petite rotation donnant la restitution autour d'une droite, nous disons que celle-ci est un axe d'ordre n, axe que nous désignons par A^n.

veaux (*) A^n, de manière que l'on obtient un faisceau d'axes parallèles de même ordre n. Dans ce faisceau, choisissons deux axes situés entre eux à la distance a la plus petite possible, et soient (fig. 1) N_1, N_2 leurs traces

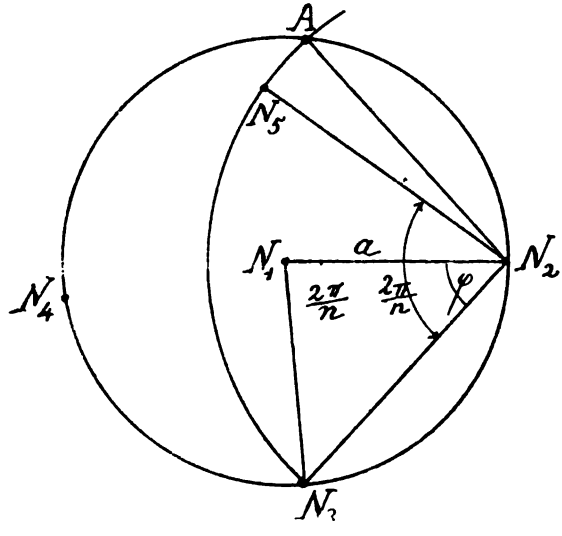


FIG. 1.

sur un plan quelconque normal à la direction du faisceau, plan que nous prenons pour plan de la figure. Des rotations $\frac{2\pi}{n}$ successives de N_2 autour de N_1 donnent, sur une circonférence de rayon a, les axes N_3, N_4, etc. Une rota-

(*) Sauf dans le cas des A^2 : lorsque le système n'est restituable que parallèlement à une seule direction, ces axes peuvent constituer un faisceau plan.

tion $\frac{2\pi}{n}$ de N_3 autour de N_2 donne encore la trace d'un A^n en N_5; mais, ce point devant se trouver à une distance de N_1 plus petite ou égale à a, ne peut se trouver à l'intérieur de la circonférence $N_2N_3N_4$, à moins de coïncider avec N_1. Donc

$$\text{ou bien : } \widehat{N_5N_2N_3} = \varphi,$$

$$\text{ou bien : } \widehat{N_5N_2N_3} \geqq \widehat{AN_2N_3} = 2\varphi.$$

Comme

$$\varphi = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{n},$$

les relations ci-dessus deviennent respectivement

$$2\frac{\pi}{n} = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{n}.$$

$$\frac{\pi}{n} \geqq \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{n}.$$

La première donne $n = 6$, la seconde $n \leqq 4$, c'est-à-dire $n = 2$, 3 ou 4. Donc, etc.

Corollaire. *Tout cristal holoédrique ou hémiédrique, toute macle ayant pour plan de jonction un plan cristallin, ne peut admettre que des axes d'ordre* 2, 3, 4 *ou* 6 (*).

(*) Cette démonstration, *indépendante de toute théorie moléculaire, peut être placée à la première page d'un cours de cristallographie.*

—

Observation de phénomènes périodiques; par F. Folie, membre de l'Académie.

Le réveil de la végétation a été, cette année, plus tardif que je ne l'ai jamais vu depuis plus de cinquante ans; mais les chaudes journées de la fin d'avril l'ont considérablement avancée.

Le 5 mars. Floraison du noisetier.

Le 6. Floraison du crocus, du perce-neige.

Le 17. Floraison du cornouiller mâle.

Le 25. Feuillaison du sureau, du groseillier épineux.

Le 5 avril. Floraison de la pervenche, de la jacinthe, de l'anémone sylvie, du saule Marceau.

Le 10. Floraison du forsythia, de la violette.

Le 17. Floraison du groseillier, du pêcher.

Le 18. Floraison du narcisse, de la tulipe.

Le 20. Floraison de la renoncule ficaire, du cresson alénois, de la primevère bulbeuse, du cerisier.

Le 22. Floraison du poirier, du prunier.

Le 24. Floraison du myosotis.

Le 27. Floraison du narcisse des poètes, de l'orobe printanière, de la myrtille.

Le 8. Feuillaison du mélèze.

Le 15. Feuillaison de l'aubépine, du lilas, du marronnier.

Le 20. Feuillaison de l'érable.

Le 22. Feuillaison du bouleau.

Le 25. Feuillaison du tilleul, du troëne.

Le 30. Feuillaison du chêne.

J'ai noté, le 7 mars, le chant du traquet et celui de l'alouette, ainsi que le vol du bourdon; le 10, le chant du merle; le 5 avril, la nichée des corbeaux; le 7, l'arrivée de la rouge-queue; le 8, le vol de la chauve-souris; le 27, le retour du martinet. Les hirondelles se sont montrées tellement rares à Grivegnée que je n'ai pu noter la date de leur arrivée; on m'a renseigné celle du 7 avril.

6 mai 1901.

—

Électrolyse du nitrate d'uranium; par MM. Oechsner de Coninck, professeur, et Camo, préparateur de chimie générale à l'Université de Montpellier (*).

Nous avons institué un très grand nombre d'expériences sur ce sujet, en variant le plus possible les conditions expérimentales; en voici le résumé :

Nous employions le nitrate d'uranium parfaitement pur, fraîchement préparé et exempt de sels basiques. Les solutions aqueuses mises en expérience renfermaient 3 à 4 grammes de nitrate pour 50 centimètres cubes d'eau distillée.

Nous avons tout d'abord employé une pile de trois éléments au bichromate de potassium; ensuite, nous avons fait agir le courant fourni par la Compagnie d'électricité de la Ville, en introduisant les résistances jugées nécessaires.

(*) Ces recherches ont été faites à l'Institut de chimie de la Faculté des sciences de Montpellier.

Dans ces deux séries d'expériences, nous avons obtenu du protoxyde noir pulvérulent et pyrophorique; en effet, lorsque nous avons voulu le dessécher à l'étuve à eau, il s'est transformé spontanément en hydrate de sesquioxyde orangé, U^2O^3, H^2O. Le courant électrique s'étant affaibli, nous avons observé la production d'hydrate jaune-serin, U^2O^3, $2H^2O$, et d'hydrate orangé, U^2O^3, H^2O.

Avec un courant d'environ 1 ampère, nous avons obtenu, avec certaines solutions, un mélange d'hydrates jaune et orangé; avec d'autres solutions, de l'oxyde noir uranoso-uranique U^4O^5, et l'un de ses hydrates qui est violet. Ce dernier, abandonné dans une atmosphère sèche, s'est transformé peu à peu en hydrate jaune. Cet oxyde noir, *uranoso-uranique*, est très stable et se distingue absolument, sous ce rapport, du protoxyde. Lorsque nous l'avons desséché à l'étuve, vers 100°, il n'a subi aucune oxydation. Réduit, avec l'aide d'une forte chaleur, par un courant d'hydrogène, il s'est transformé nettement en protoxyde :

$$U^4O^5 + H^2 = H^2O + 4\,(UO).$$

Dans une troisième série d'expériences, nous avons fait agir le courant électrique sur des solutions aqueuses étendues de nitrate d'uranium, très légèrement acidulées par l'acide azotique blanc ordinaire. Dans ces conditions, il ne s'est produit aucun dépôt; résultat qui s'explique en remarquant que les oxydes d'uranium, au fur et à mesure qu'ils se forment, se dissolvent dans l'excès d'acide nitrique.

OUVRAGES PRÉSENTÉS.

Henry (*Louis*). La Fondation Nobel. Louvain, 1901; extr. in-8° (43 p., portrait).

Jordan (*C.*) et *Mansion* (*P.*). Charles Hermite (1822-1901). Notice sur ses travaux scientifiques. Esquisse biographique et bibliographique. Paris, 1901; extr. in-8° (47 p., portrait).

Pasquier (*Ernest*). Cours de mécanique analytique, t. Ier. Louvain-Paris, 1901; in-8° (XIII-339 p.).

Van den Broeck (*Ernest*). Le dossier hydrologique du régime aquifère en terrains calcaires, et le rôle de la géologie dans les recherches et études des travaux d'eaux alimentaires. Réponse à la note de M. l'ingénieur Th. Verstraeten intitulée : Hydrologie des roches. Nécessité de préciser les situations et les termes. Bruxelles, 1901; extr. in-8° (277 p.).

Doudou (*Ernest*). Nouvelles explorations dans les cavernes de la vallée de la Méhaigne. Soignies, 1901; extr. in-8° (4 p.).

Tackels (*C.-J.*). La marine marchande belge et ses chantiers, les transactions commerciales et industrielles directes au Congo, au Canada et au Levant. Transformation dans le sort de la classe laborieuse par la colonisation. Bruxelles, 1901; in-8° (90 p.).

Lameere (*Aug.*). Discours sur le baron Edm. de Selys Longchamps à l'assemblée générale du 26 décembre 1900 de la Société entomologique. Bruxelles, 1900; extr. in-8° (5 p.).

Demoor (*Jean*). Les enfants anormaux. Bruxelles, 1900; in-8° (16 p.).

— Quelques grands faits de la biologie (nutrition et irritabilité). Bruxelles, 1900; in-8° (23 p.).

— Dissociation des phénomènes de sensation et de

réaction dans le muscle. Bruxelles, 1900; extr. in-8° (32 p. et 6 pl.).

Meunier (Fernand). Nouvelles recherches sur quelques Cecidomyidae et Mycetophéidae de l'ambre et description d'un nouveau genre et d'une nouvelle espèce de Cecidomyidae du copal de l'Afrique. Bruxelles, 1901; extr. in-8° (23 p. et 2 pl.).

La Cellule, recueil de cytologie, t. XVIII, 1er fascicule (Carnoy et Gilson). Louvain, 1901; grand in-8°.

Ministère des Finances et des Travaux publics. Rapport de la Commission chargée d'ouvrir une enquête sur les conditions d'emploi de la pierre dite de « Gobertange » et d'exploitation des carrières qui la produisent. Bruxelles, 1901; in-8°.

— Rapport de la Commission chargée d'études relatives aux ardoises. Nouvelle édition. Bruxelles, 1898; in-8° (54 p.).

Ministère de l'Industrie et du Travail. Carte géologique de Belgique au 40 000e, feuilles de Neuve-Église-Messines, Grammont-Denderwindeke, Rochefort-Nassogne, Momignies-Seloignes, Grupont-Saint-Hubert, Rièzes-Cul-des-Sarts, Haut-Fays-Redu, Baraque-Cagnaux-Orchimont, Vivy-Paliseul, Bertrix-Recogne, Neufchâteau-Jusseret, Fauvillers-Romeldange, Assenois-Anlier, Nobressart-Attert.

État Indépendant du Congo. Les Poissons du bassin du Congo; par G.-A. Boulenger. Bruxelles, 1901; in-8° (LXII-532 p.).

— Mission scientifique du Ka-Tanga : Résultats des observations astronomiques, magnétiques et altimétriques effectuées sur le territoire de l'État Indépendant du Congo, du 4 avril 1898 au 2 septembre 1900; par le capitaine Charles Lemaire (premier et deuxième mémoires). 1901; in-4° (68 p.).

BRUXELLES. *Société belge de microscopie.* Annales, 1899-1900.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1901. — N° 6.

Séance du 1er juin 1901.

M. Jos. De Tilly, directeur.

M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Éd. Van Beneden, *vice-directeur;* G. Dewalque, Brialmont, Éd. Dupont, C. Malaise, F. Folie, Fr. Crépin, Alfr. Gilkinet, G. Van der Mensbrugghe, W. Spring, Louis Henry, M. Mourlon, P. Mansion, P. De Heen, C. Le Paige, Ch. Lagrange, F. Terby, J. Deruyts, J. Neuberg, A. Lancaster, L. Errera, *membres;* Julien Fraipont, Pol. Francotte, Fr. Deruyts, Paul Pelseneer et Émile Laurent, *correspondants.*

M. Van Bambeke motive par écrit son absence.

CORRESPONDANCE.

—

M. Darboux, président du Comité de la Fédération internationale des Académies, envoie dix exemplaires du *Projet relatif au contrôle des instruments de physiologie, présenté par l'Académie des sciences de Paris.* — Rapporteur, M. Marey.

— M. le Ministre de l'Industrie et du Travail envoie, pour la bibliothèque de l'Académie, un exemplaire du tome III (Publications antérieures à 1896) de la *Bibliographia geologica;* par Michel Mourlon et G. Simoens.

— Remerciements.

— M. le Secrétaire perpétuel présente, de la part de MM. de Selys Longchamps frères, cent vingt exemplaires d'une brochure portant pour titre : *A la mémoire de Michel-Edmond baron de Selys Longchamps.*

Les remerciements de la Classe seront exprimés à la famille du défunt.

Un de ces exemplaires sera déposé dans la bibliothèque; les autres seront distribués aux membres, correspondants et associés regnicoles du pays.

— Hommages d'ouvrages :

Compte rendu sommaire du IVe Congrès international de chimie appliquée tenu à Paris en 1900; par Henri Moissan, associé;

Sur la détermination des positions en astronomie; par P. Stroobant;

De kieming der zaadplanten, 2e stuk; par A.-J. Vandevelde.

— Remerciements.

— Travaux manuscrits à l'examen :

Mémoires énonçant et démontrant deux théorèmes nouveaux relatifs aux axes permanents de rotation des corps solides; par Eug. Ferron. — Commissaires : MM. Fr. Deruyts, J. De Tilly et P. Mansion;

Sur les fonctions de Kinkelin; par J. Beaupain, ingénieur principal des mines. — Commissaires : MM. de la Vallée Poussin fils, J. Deruyts et P. Mansion;

Sur les faisceaux de surfaces du second ordre; par C. Servais, de l'Université de Gand. — Commissaires : MM. J. Neuberg, P. Mansion et J. De Tilly;

Sur quelques dérivés fluobromés en C_2 (quatrième communication); par Fréd. Swarts, de l'Université de Gand. — Commissaires : MM. W. Spring et L. Henry.

RAPPORTS.

Sur le rapport verbal de M. W. Spring, auquel s'est rallié M. L. Henry, le *Bulletin* renfermera une note intitulée : *Contribution à l'étude du sulfate uranique;* par le Dr W. Oechsner de Coninck, professeur à l'Université de Montpellier.

Expériences sur l'accoutumance héréditaire des Levures aux solutions salines concentrées; par Charles Clerfeyt.

Rapport de M. Errera, premier commissaire.

« Il ressortait déjà de diverses expériences, et notamment de celles qu'a publiées, il y a une dizaine d'années, notre confrère M. Laurent, qu'on peut habituer héréditairement les Levures de bière à supporter des doses de plus en plus élevées d'alcool ou de matières salines. En outre, cette accoutumance est spéciale à chaque sel : une Levure parfaitement adaptée à une solution de nitrate de potassium est assez bien adaptée à des solutions isotoniques des autres sels potassiques, mais elle ne l'est pas du tout à des solutions isotoniques des sels de sodium ou de calcium. Mieux que cela : la Levure accoutumée à un certain sel et que l'on sème dans un milieu additionné du sel d'une autre base s'y développe moins bien que ne le fait de la Levure ordinaire.

Telles sont les recherches que M. Clerfeyt a reprises sur le conseil de M. Laurent. Il a pu confirmer la conclusion déjà énoncée et l'étendre, en la précisant, à un plus grand nombre de sels. Bien que ce mémoire ne fournisse donc pas de résultats très inattendus, il n'est pas dénué d'intérêt, et j'ai l'honneur d'en proposer l'impression dans le *Bulletin* de la séance. »

M. Laurent, second commissaire, déclarant se rallier à cette proposition, celle-ci est adoptée par la Classe.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

—

Determination de la constante de l'aberration et calcul de la vitesse du système solaire au moyen des observations de Struve; par F. Folie, membre de l'Académie.

Il est deux constantes dont les astronomes se préoccupent beaucoup depuis une dizaine d'années surtout, et dont ils attendent avec une légitime impatience de nouvelles déterminations : ce sont les constantes de l'aberration et de la parallaxe solaire.

Leur produit est égal à la circonférence de l'équateur terrestre, divisée par la vitesse de la lumière, c'est-à-dire à une constante que l'on peut considérer comme connue à deux ou trois dix-millièmes près de la valeur.

Les valeurs qui ont été adoptées par les astronomes, 20.47 et 8.80, ne satisfont pas à cette condition; elles donnent 180.14, tandis qu'on trouve 180.25 par la relation précédente, en admettant que la vitesse de la lumière est égale à 299.9 kilomètres par seconde.

Ces deux constantes doivent varier en sens inverse l'un de l'autre. Or, fait étrange, il y a chez les astronomes, depuis le commencement du siècle, une tendance générale à augmenter les valeurs primitivement admises pour l'une et pour l'autre.

De la valeur de la parallaxe solaire 8".57 donnée par Encke, on a passé à 8".86; de celle de l'aberration 20"25 donnée par Delambre à celle de Struve, 20"445, puis à 20"47; beaucoup d'astronomes adoptent même 20"5.

La question de la parallaxe solaire fera probablement un pas après la discussion des observations qui se poursuivent activement dans les deux hémisphères sur la planète Eros.

Je ne m'en occuperai pas ici. Mon but est de chercher à déduire, des observations mêmes de Struve, une valeur de la constante de l'aberration qui soit à l'abri du reproche que je fais à la résolution effectuée par l'illustre astronome de ses équations de condition.

Depuis de nombreuses années, je suis frappé de la discordance des valeurs qu'il a trouvées par chacune des séries de ses observations, si précises cependant, sur sept étoiles. L'erreur probable d'une déclinaison observée s'élève, en effet, en centièmes de seconde, à 14, 17, 11, 13, 12, 13, 9 pour chacune d'elles, et les valeurs de la constante de l'aberration varient néanmoins entre 20″395 et 20″504.

Longtemps j'ai cherché en vain la raison de ces discordances; j'avais cru la trouver dans la négligence de la nutation initiale (eulérienne et chandlérienne). Après avoir cherché à éliminer autant que possible cette influence dans les séries qui s'y prêtaient, je suis arrivé à trois valeurs assez concordantes, desquelles j'ai déduit, en moyenne, 20″437, valeur un peu inférieure seulement à celle de Struve, 20″445 (*).

J'étais un peu déçu et continuais à réfléchir à cette question importante.

Je me demandai alors si la raison des discordances qui se manifestent entre les valeurs déterminées par

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), t. XXXI, p. 46, 1896.

Struve au moyen de ses observations sur sept étoiles différentes, ne se trouverait pas dans le mouvement absolu de celles-ci, c'est-à-dire si la vitesse de la lumière ne participait pas de celle de la source lumineuse, question qui, je pense, n'a encore été définitivement résolue ni par les physiciens ni par les astronomes, quoiqu'ils se prononcent en grande majorité pour la négative. Bientôt j'eus acquis cette même conviction.

Il ne sera pas hors de propos d'en démontrer ici le fondement au moyen des observations mêmes de Struve.

Si la lumière émise par l'étoile participe de la vitesse de celle-ci, il est aisé de voir que le terme de la variation en déclinaison qui en résulte est égal au rapport du mouvement propre ν en D à la vitesse V de la lumière, multiplié par la distance $\rho \cos \delta$ de l'étoile à la Terre projetée sur l'équateur.

Or

$$\rho = \frac{r}{\varpi} \quad \text{et} \quad \frac{2\pi r}{V} = k,$$

r désignant le rayon de l'orbite terrestre, k la constante de l'aberration, ϖ la parallaxe.

Le terme en question est donc

$$\Delta'\delta = \frac{k}{2\pi} \frac{\nu \cos \delta}{\varpi} = 3''3 \frac{\nu}{\varpi} \cos \delta.$$

Or, parmi les étoiles observées par Struve, il en est deux dont les mouvements propres en D sont très considérables :

β Cass. — 0''192, υ Urs. maj. — 0''163;

j'ai pris les plus faibles entre les différents mouvements propres indiqués par Struve.

Comme les ascensions droites de ces deux étoiles diffèrent entre elles de 214°, et qu'elles sont situées l'une et l'autre à 100° environ de l'Apex du mouvement systématique, lequel est positif en déclinaison, les mouvements absolus de ces deux étoiles seront plutôt supérieurs qu'inférieurs aux mouvements propres déterminés par l'observation. Une erreur sur la constante de la précession de Bessel, préférable, du reste, à celle de Struve, n'altérerait ces mouvements propres que de 0″02 à peine et en sens inverse pour les deux étoiles. En divisant les mouvements propres ci-dessus par les parallaxes 0.1 et 0.05 données par Struve, nous aurons pour

$$\beta \text{ Cass.} \quad \frac{\nu}{\varpi} = -\frac{0.19}{0.10} = -1.9 \qquad \Delta'\delta = -3''$$

$$\upsilon \text{ Urs. maj.} \quad -\frac{0.16}{0.05} = -3.2 \qquad -5''.$$

Or, dans les observations de Struve, un résidu seulement atteint 1″ pour chacune des deux étoiles.

Le terme $\Delta'\delta$ altérerait ces résidus d'une manière si considérable que la constante de l'aberration en serait modifiée de plusieurs secondes, ce qui est tout à fait inadmissible.

Il est donc bien établi, par les observations de Struve, que la lumière ne participe pas de la vitesse de l'étoile, et cette question, douteuse jusqu'à ce jour, est définitivement tranchée.

Ce n'était donc pas dans ce sens qu'il fallait chercher l'explication des discordances entre les sept déterminations de Struve, qui varient entre 20′ 4 et 20″5.

J'ai fini par me demander s'il n'y avait pas lieu de tenir compte, dans cette recherche, de l'influence de l'aberration systématique.

C'est une question dont je me suis beaucoup occupé et depuis longtemps déjà. J'ai, le premier, fait connaître les termes du second ordre provenant de la combinaison de l'aberration systématique avec la précession et la nutation (*).

Quant aux termes du premier ordre de cette aberration, il est clair qu'ils ne peuvent pas être déterminés par des observations sur une même étoile, puisqu'ils sont constants pendant un temps très long et rentreront nécessairement dans la correction du lieu moyen.

Mais je me suis dit que la négligence de ce terme, constant pour une même étoile, mais variable d'une étoile à l'autre, est de nature à altérer la valeur que l'on cherche. La constante de l'aberration, par exemple, dépend des variations de déclinaison de l'étoile observée; celles-ci, du lieu moyen adopté. Si ce dernier est erroné, toutes les variations le seront et, par suite, la constante de l'aberration le sera aussi.

Je ne doute nullement que les astronomes n'aient entrevu cette conséquence de la négligence du mouvement systématique dans la détermination de la constante de l'aberration, quoique Struve ne la mentionne aucunement.

Mais ce qu'ils n'ont pas vu, c'est qu'on pouvait éliminer l'influence de l'aberration systématique par la combinaison des observations de plusieurs étoiles. Celles de

---

(*) *Astr. Nachr.*, n° 2607. *Catéchisme correct d'astronomie sphérique. Revision des constantes de l'astronomie stellaire.*

Struve, au nombre de sept, se prêtent fort bien à cette élimination.

Je me suis proposé de faire usage, dans ce but, des déterminations de l'illustre astronome; je n'aurais pas le loisir de traiter complètement ses équations de condition, quoique ce soit la véritable voie à suivre; elle aurait le grand avantage de fournir les valeurs de la parallaxe de chaque étoile, en même temps que la vitesse systématique, et, bien probablement, de conduire à des parallaxes positives, ce qui n'est nullement le cas dans les équations de Struve, malgré le haut degré de précision de ses observations, et ce qui constitue cependant le plus sûr critère d'une bonne détermination. Mais ce procédé exigerait la résolution de 256 équations de condition à 19 inconnues au moins.

Si un jeune astronome veut produire une œuvre profitable à la science et à lui-même, il pourra compléter mon travail dans ce sens.

Pour arriver à une solution provisoire du problème proposé, j'ai admis :

1° Que la somme des erreurs moyennes sur les déclinaisons adoptées est nulle, hypothèse réalisée à peu près dans les erreurs moyennes déterminées par Struve;

2° Que la parallaxe de chacune de ses étoiles a la valeur qu'il lui attribue;

3° Que l'ascension droite de l'Apex est de 260°, et que sa déclinaison D est déterminée par

$$T = \operatorname{tg} D = 9.8 \text{ en } \log.,$$

ce qui correspond à $D = 32°15'$.

J'ai négligé la correction de la constante de la nutation, qui est tout à fait insignifiante, et le mouvement

propre de l'étoile, qui s'élimine à bien peu près, Struve ayant pris pour origine du temps le temps moyen des observations de chaque série.

Dans ces conditions, l'équation posée par Struve (p. 264) se réduira à

$$x + ay + bp = n,$$

et deviendra, en tenant compte du mouvement systématique,

$$x + k'[\cos(A - \alpha)\sin\delta - T\cos\delta] + ay + bp = n.$$

x est la correction de la déclinaison moyenne adoptée, y celle de la constante de l'aberration supposée égale à 20″5, p la parallaxe de l'étoile, k' la constante réduite (c'est-à-dire projetée sur l'équateur) de l'aberration systématique. A, D sont les coordonnées équatoriales de l'Apex.

En posant

$$x + k'S \quad \text{ou} \quad x + k'[\cos(A - \alpha)\sin\delta - T\cos\delta] = x',$$

notre équation sera identique à celle de Struve; nous pourrons donc faire usage de ses résolutions en y changeant x en $x + k'S$.

Voici le tableau des étoiles observées par Struve avec les valeurs correspondantes de S et les parallaxes probables p :

			α	δ	A-α	S	p
1)	β	Cass.	0°11′	58°16′3	259°49′	— 0.4813	0.10
2)	δ	»	18 52	59 24.3	241 8	— 7314	0.08
3)	υ	U. M.	144 54	59 47.0	115 6	— 6841	5
4)	ι	Drac.	230 21	59 31.5	29 39	+ 0.4289	8
5)	ζ	»	275 24	58 42.6	— 15 24	+ 4963	4
6)	υ	»	282 13	59 11.7	— 22 13	+ 4721	5
7)	χ	Coph.	298 13	58 25 4	— 38 13	+ 3389	3

Les équations de Struve deviendront, en les divisant

toutes par le coefficient de x et en y ajoutant le terme en k' :

$x - 0.02505$	$y - 0.4113$	$k' = -0.5945$	$x - 19.295$	$y - 0.4813$	$k' = 1.080$
$+ 0.01862$	$- 0.7134$	$= -0.1254$	$+ 21.830$	$- 0.7134.$	$= -1.345$
$+ 0.2424$	$- 0.6840$	$= -0.4634$	$+ 1.630$	$- 0.6840.$	$= -0.5628$
$+ 0.3833$	$+ 0.4290$	$= 0.0199$	$+ 1.592$	$+ 0.4290$	$= -0.108$
$+ 0.5470$	$+ 0.4963$	$= 0.1344$	$+ 1.585$	$+ 0.4963$	$= 0.1404$
$+ 0.1021$	$+ 0.4721$	$= 0.3579$	$+ 6.564$	$+ 0.4721$	$= -0.2233$
$+ 0.13645$	$+ 0.3389$	$= -0.1236$	$+ 6.706$	$+ 0.3389$	$= -0.7957$

On en tire, en faisant $\Sigma x = 0$:

$$1.4043y - 0.1605k' = -0.7987$$

et

$$20.6125y - 0.1605k' = -0.1144,$$

d'où

$$y = +0''.0044, \qquad k' = 5''.016.$$

La constante de l'aberration serait donc $k = 20''.5044$, supérieure de $0''.06$ à très peu près à celle de Struve.

En multipliant k' par $\frac{2\pi}{k}$, on trouvera la vitesse systématique *réduite* σ'_1 exprimée en rayons de l'orbite terrestre, $\sigma'_1 = 1.537$, et, en multipliant cette dernière par la sécante de la déclinaison de l'Apex, on aura la vitesse systématique $\sigma_2 = 1.818$, valeur qui se rapproche sensiblement de celle qui a été estimée par Struve et par Argelander.

On n'a pas encore songé, je pense, à déduire la vitesse systématique des positions apparentes observées pendant un ou deux ans seulement.

Si cette dernière détermination m'inspire une assez grande confiance, il n'en est pas de même de celle de la constante de l'aberration. Struve n'a naturellement pas tenu compte des termes solaires qui ne sont connus que depuis les découvertes de Chandler; pour déduire de ses observations une valeur correcte pour la constante de l'aberration et pour la parallaxe des étoiles, l'introduction de ces termes serait indispensable.

Je me propose de revenir sur ce sujet.

—

Expériences sur l'accoutumance héréditaire des Levures aux solutions salines concentrées; par Charles Clerfeyt, ingénieur agronome.

Si nos connaissances sur l'origine première des Levures sont encore très incomplètes, nous pouvons cependant, grâce aux idées actuelles sur l'adaptation, nous expliquer la grande diversité des races de Levures cultivées. Ce sont surtout les conditions de milieu dans lesquelles elles vivent qui ont déterminé leurs propriétés si différentes.

La température, la nature des moûts, la qualité et la concentration des substances salines qui s'y trouvent, voilà autant de facteurs qui forcément retentissent sur la physiologie des Levures et doivent leur imprimer à la longue des caractères plus ou moins durables.

Cette opinion est d'autant plus admissible que ces organismes ne présentent pas de phénomènes de fécondation; il y a donc continuité cellulaire, et les actions provoquées par le milieu peuvent ainsi retentir d'autant mieux sur la descendance.

La variation chez les Levures, comme chez les Bactéries et la majorité des organismes inférieurs, est donc essentiellement due aux influences du milieu.

Bien que, dans le monde de la pratique, l'observation ait fait pressentir depuis longtemps l'adaptation des Levures au milieu, il n'existait dans la science qu'un petit nombre de faits bien démontrés relatifs à ce sujet. Il nous a paru utile de reprendre et de compléter ceux

qui concernent la vie des Levures dans des solutions concentrées.

Chez les moisissures, organismes voisins des Levures, F. Eschenhagen (*) avait constaté que les conidies, qui dans les conditions ordinaires ne germent plus dans certaines concentrations, peuvent dépasser ces limites lorsque la plante mère elle-même a été accoutumée à des solutions fortes. La raison, pensait-il, devait sans doute être cherchée dans une notable accumulation, à l'intérieur de ces conidies, comme dans les cellules végétatives, de substances osmotiques capables de produire un excès suffisant de turgescence.

A la même époque, E. Laurent (**) a mis en évidence l'adaptation héréditaire des Levures aux solutions concentrées d'alcool et surtout de matières salines; pour ces dernières substances, il avait constaté que ces microbes se souvenaient de leur concentration et de la nature des sels qu'elles renferment. Ce sont ces expériences que j'ai répétées et multipliées.

Plus récemment, L. Errera (***) a rendu compte des expériences que Hunger a faites dans son laboratoire; celui-ci a constaté que les conidies d'*Aspergillus niger* sont adaptées à la concentration du milieu où a vécu l'individu qui les porte. Cet effet est encore plus marqué

(*) F. Eschenhagen, *Ueber den Einfluss von Lösungen verschiedener Concentration auf das Wachstum von Schimmelpilzen.* Stolp, 1889.

(**) E. Laurent, *Recherches physiologiques sur les Levures* (Ann. de la Soc. belge de microscopie, Mémoires, t. XIV, 1890).

(***) L. Errera. *Hérédité d'un caractère acquis chez un champignon pluricellulaire* (Bull. de l'Acad roy. des sciences de Belgique, 1899).

après deux générations passées dans un milieu donné. Il ne s'agit pas d'un simple accroissement de vigueur chez les conidies provenant des liquides concentrés, car ces mêmes conidies germent moins rapidement et donnent des plantes moins vigoureuses que les conidies normales lorsqu'on les sème de nouveau sur le milieu type. En s'adaptant aux liquides concentrés, elles se sont donc désadaptées du liquide normal. Enfin, une génération passée sur celui-ci n'efface pas l'influence d'une ou deux générations antérieures sur un liquide plus concentré.

Errera pense qu'on ne peut admettre, avec Eschenhagen, que les conidies reçoivent simplement un peu de ces substances, puisque la faculté de mieux supporter un milieu concentré persiste à travers toute une génération qui a vécu dans les conditions normales; il est impossible que le léger surcroît osmotique des conidies, après s'être partagé entre les milliers de cellules de la génération suivante exposées au liquide normal, se manifeste encore comme tel dans les conidies qui y sont produites. C'est donc bien, comme il le dit, une aptitude physiologique acquise, à savoir : la faculté de produire, en cas de besoin, une plus forte turgescence, qui s'est transmise héréditairement.

Tous ces faits démontrent la plasticité du protoplasme des champignons inférieurs et particulièrement des Levures. L'intérêt que ces microbes offrent pour l'industrie nous a engagé à soumettre à de nouvelles expériences leurs facultés d'adaptation aux solutions salines en tenant compte des derniers travaux sur les phénomènes osmotiques des plantes.

Trois races de Levures ont servi à nos expériences,

savoir : une Levure de bière anglaise de Burton (Trauman) et deux Levures belges : l'une provenant d'une distillerie (Dumont, de Chassart), l'autre d'une brasserie (Docq, de Gembloux). Ces Levures, spécialement choisies à cause de leur vigueur, furent au préalable isolées sur moût gélatiné, puis cultivées en moût de bière ordinaire.

Dans le moût, l'examen microscopique nous a montré, pour les deux premières races indiquées, des cellules ovales ou elliptiques mesurant de 6 à 9 μ ; pour la dernière, des cellules plus rondes, de 7 à 8 μ en moyenne.

Afin d'arriver à des résultats comparables et aussi pour dégager les effets produits par la concentration de ceux dus aux propriétés chimiques des corps dissous, il était indispensable d'opérer avec des solutions isotoniques des diverses substances.

Le liquide de culture employé avait la composition suivante :

Eau distillée	1,000 cc.
Phosphate bipotassique	0gr,5
— d'ammoniaque	0,5
Sulfate de magnésie	0,2
Saccharose	20,0
Peptone	0,1
Acide tartrique	0,5

Le pouvoir osmotique de ce mélange est beaucoup plus faible que celui des moûts qui servent d'ordinaire de milieu de culture pour les Levures. C'est dans ce liquide que les sels expérimentés furent dissous de telle sorte que les mêmes volumes des diverses solutions renfermassent les mêmes quantités de matières alimentaires. Dès lors, les différences dans le développement

des Levures ne pouvaient provenir que des sels introduits dans les liquides.

Le tableau suivant mentionne les quantités dissoutes de KNO^3, $NaNO^3$, KCl, NaCl et K^2SO^4; elles ont été calculées d'après le tableau publié par Fr. Van Ryssel-berghe (*) de façon à obtenir des pressions osmotiques qui correspondent, très approximativement, à 1, 2, 4, 8, 12, 20, 30, 40, 60 et 80 atmosphères.

Atmosphères.	KNO^3.	$NaNO^3$.	KCl.	NaCl.	K^2SO^4.
1	0gr,224	0gr,189	0gr,163	0gr,129	0gr,292
2	0,450	0,383	0,333	0,260	0,585
4	0,915	0,778	0,669	0,528	1,232
8	1,938	1,604	1,356	1,076	2,726
12	2,955	2,458	2,090	1,638	4,008
20	5,024	4,185	3,476	2,789	7,040
30	7,590	6,309	5,262	4,209	10,590
40	10,120	8,412	7,016	5,612	»
60	15,180	12,618	10,524	8,418	»
80	20,385	16,942	14,130	11,302	»

Nous avons voulu d'abord étudier l'adaptation des

(*) F. Van Ryssel berghe, *Réaction osmotique des cellules végétales à la concentration du milieu* (Mémoires couronnés et autres mémoires publiés par l'Académie royale de Belgique, t. LVIII, 1899, pp. 34 et suiv.).

Levures aux solutions salines concentrées en nous proposant de constater les effets de cette accoutumance et les variations morphologiques des Levures.

Dans ce but, les trois Levures citées plus haut furent mises en culture dans le milieu nutritif seul, puis tenant en dissolution les quantités de KNO^3, $NaNO^3$, KCl, NaCl et K^2SO^4 indiquées pour exercer un supplément de pression osmotique de 1, 2, 4, 8, 12, 20, 30, 40, 60 et 80 atmosphères.

Après trois jours, il y avait un dépôt notable dans les tubes où la pression osmotique était de 8, 12 et 20 atmosphères; le dépôt paraissait moindre dans les moûts à 4, 2 et 1 atmosphères et dans le milieu nutritif sans sels; il y avait aussi un dépôt peu abondant dans le moût à 30 atmosphères de pression.

Le cinquième jour, le dépôt dans les tubes de 4, 2, 1 atmosphères et dans le milieu nutritif semblait aussi abondant que dans ceux où la pression osmotique était de 8, 12 et 20 atmosphères; le dépôt était assez abondant avec 30 atmosphères et moindre avec 40.

Le septième jour, les dépôts dans les liquides à 30, 40 atmosphères de pression osmotique étaient plus apparents; il y en avait un assez faible avec 60 atmosphères.

Le neuvième jour, les Levures se développaient avec 80 atmosphères, mais le dépôt était très faible.

Les Levures Trauman et Docq, qui provoquaient du reste une fermentation un peu plus rapide en moût de bière que la Levure Dumont, nous ont semblé se développer un peu plus rapidement. La nature des sels exerçait aussi une influence, car pour de mêmes pressions osmotiques, les dépôts apparaissaient plus abondamment

avec le sulfate, le chlorure et le nitrate de potassium qu'avec le chlorure et le nitrate de sodium.

Les Levures se ressentent nettement de la concentration des solutions salines qui les baignent. Leur croissance n'en est pas seulement ralentie, mais les cellules s'arrondissent, deviennent plus petites et sont réunies en paquets rameux. C'est sans doute cette dernière particularité qui donne aux dépôts de Levures un aspect granulé, grumeleux.

Déjà les cellules tendent à s'arrondir dans les solutions salines faibles; ce caractère et le groupement des cellules sont bien accusés pour les pressions osmotiques de 20 atmosphères, ainsi que pour les concentrations salines supérieures. Les cellules de Levure qui mesuraient dans le moût de bière 6.6 à 7.7 et parfois 8.8 μ, n'avaient plus que 5 à 6.6 μ dans les solutions salines concentrées. Dans les solutions salines faibles, il y avait plutôt agrandissement des cellules; c'est ainsi que la Levure Docq en accusa de 11 μ, mais ces cellules présentaient souvent des vacuoles qui en remplissaient la plus grande partie.

Les cellules de Levure, qui avaient assez fréquemment des vacuoles très visibles dans le moût de bière et dans les solutions peu concentrées, ne montraient plus ces organes dans les solutions à pression osmotique assez considérable.

La Levure forme, lorsqu'elle est abondamment nourrie, du glycogène, qui joue chez les Champignons le rôle de réserve hydrocarbonée. Au point de vue physiologique, ce corps correspond à son isomère : l'amidon des plantes supérieures. Par suite de la lenteur de la croissance de la Levure dans les solutions concentrées, il s'y produisait des réserves hydrocarbonées bien apparentes par la

réaction iodée. Dans la solution nutritive seule, ainsi que dans les concentrations salines faibles, les Levures présentaient, pendant quelque temps, la coloration brun-rouge caractéristique du glycogène ; chez celles qui étaient cultivées en solutions salines concentrées, la réaction était plus nette et persistante. Cette observation est du même ordre que la constatation faite par Laurent sur l'abondance du glycogène dans les colonies de Levure sur moût de bière gélatiné, où l'accroissement de ce champignon est contrarié par la consistance solide du milieu. La production de glycogène doit aussi être favorisée par l'influence des fortes concentrations salines sur la fermentation, qui est ralentie et diminuée.

Les modifications morphologiques que subissent les Levures dans les solutions salines concentrées ne sont pas définitives : par des cultures ultérieures en moût de bière ordinaire, les races adaptées aux fortes concentrations ont repris leurs dimensions, leur forme et leur aspect primitifs. Ce fait ne doit cependant pas faire rejeter, chez ces organismes, la possibilité de variations morphologiques rendues à la longue plus ou moins héréditaires sous l'influence de conditions mésologiques répétées : le temps est un facteur important dans la variabilité des êtres.

Pour que les Levures parviennent à se développer dans des solutions salines aussi concentrées, il faut admettre que leurs cellules y contractent une pression au moins égale à celle du milieu.

Afin d'atteindre un tel résultat, ces organismes ont recours à des substances organiques et à des matières salines dissoutes dans le suc cellulaire. Parmi les premières, nous savons, par les recherches de Laurent sur les

Levures, qu'il y a de la glycose en proportion suffisante (11 à 12 %) pour exercer une pression d'environ 14 atmosphères. Habituellement la Levure n'a pas à supporter de pressions beaucoup plus fortes. Comme la formation de glycogène s'oppose à l'accumulation indéfinie de glycose dans le suc cellulaire, il faut que d'autres matières interviennent. Tel pourrait être le rôle de certains produits de la vie de la Levure, entre autres de la glycérine et de l'acide succinique. Toutefois, si cet organisme se laisse pénétrer par des substances salines, il peut de la sorte acquérir une tension osmotique bien plus élevée que par anatonose. Cette faculté pourrait être mise en évidence par des réactions microchimiques. Laurent a montré l'intraméabilité des Levures pour les nitrates, au moyen de la diphénylamine, qui a donné une coloration bleue assez nette du contenu des cellules développées dans les solutions avec nitrate de potassium.

La lenteur de développement des Levures dans les solutions salines concentrées permet de supposer qu'elles s'habituent insensiblement aux matières salines et aux actions osmotiques que celles-ci provoquent. Afin de vérifier cette adaptation, des cultures comparatives furent faites dans des tubes de liquide nutritif tenant en dissolution les sels précédemment indiqués, savoir KNO^3, KCl, K^2SO^4, NaCl et $NaNO^3$, y exerçant une pression osmotique de 80 atmosphères, excepté pour K^2SO^4 dont la solubilité (10 à 11 %) ne permet pas de dépasser une pression osmotique de 30 atmosphères.

La semence provenait pour les unes d'une culture en moût de bière, pour les autres d'une culture faite dans les solutions des mêmes sels dans le liquide nutritif (40 atmosphères). Au troisième jour, il y avait dans les

tubes à K^2SO^4 avec semence déjà habituée à K^2SO^4 un dépôt assez abondant; les Levures venant de moût de bière s'y étaient visiblement moins développées. Au cinquième jour, le dépôt des Levures du moût s'y était accentué, les Levures adaptées en KNO^3, KCl, NaCl et $NaNO^3$ s'étaient respectivement développées dans ces sels, ce qui ne se fit que le septième ou huitième jour pour les Levures venant du moût.

La Levure Burton-Trauman ainsi accoutumée à KNO^3 se développa encore d'une façon marquée dans de petits matras coniques contenant, sur 1 à 2 centimètres de hauteur, le milieu nutritif dans lequel on avait dissous 25 et 30 % (saturation) de ce sel, alors que la Levure du moût de bière ne s'y développait plus. Par l'accoutumance, elle était donc parvenue à croître dans une solution qui entravait son développement en l'absence d'éducation préalable.

Les Levures s'accoutument donc aux solutions salines très concentrées. Cette accoutumance, ainsi que le remarque Laurent, peut comporter deux manières d'être très différentes : « Les cellules s'habituent simplement à des tensions osmotiques considérables et elles restent indifférentes à la nature du sel; s'il en est ainsi, des quantités isotoniques de sels produiront un effet identique à la fois sur les cellules de même génération et sur leur descendance. Il peut aussi en être autrement : l'accoutumance acquise pour un sel ne se fera pas sentir pour d'autres sels (*). »

(*) *Loc. cit.*, p. 87.

Afin d'élucider ce point, les matières salines suivantes furent dissoutes dans le milieu nutritif :

Nitrate de potassium	20gr,385 °/o
Nitrate de sodium	16,942
Nitrate de calcium	24,550
Sulfate de potassium	10,590
Sulfate de magnésium	36,324
Chlorure de potassium	14,130
Chlorure de sodium.	11,302
Phosphate bipotassique	26,040

Les solutions ainsi préparées étaient isotoniques et exerçaient une pression osmotique d'environ 80 atmosphères, à l'exception de celle de sulfate de potassium, dont la pression osmotique n'était que de 30 atmosphères environ.

Les tubes furent ensemencés avec les Levures Trauman et Docq provenant de cultures faites en moût de bière et en milieu nutritif additionné de l'un des sels suivants : KNO, $NaNO^3$, KCl, NaCl à 80 atmosphères et K^2SO^4 à 30 atmosphères.

Au cinquième jour, les Levures adaptées en K^2SO^4, KNO^3, KCl, NaCl et $NaNO^3$ s'étaient respectivement développées dans ces solutions; les Levures cultivées dans le moût de bière avaient aussi donné un dépôt assez marqué en K^2SO^4, ainsi que celles adaptées à KNO^3 et KCl.

Au septième jour, les dépôts de Levures en K^2SO^4 y étaient sensiblement les mêmes pour les Levures adaptées à ce sel, les Levures ordinaires et celles adaptées aux deux autres sels potassiques; les Levures de moût de bière commençaient à se développer en KNO^3, KCl,

PhO^4K^2H et NaCl, et les Levures adaptées en K^2SO^4 avaient produit un dépôt marqué en KNO^3, KCl et PhO^4K^2H, tandis qu'elles s'étaient faiblement développées en NaCl.

Au neuvième jour, les Levures ordinaires avaient produit un dépôt plus marqué en KNO^3, KCl, PhO^4K^2H et un faible en $NaNO^3$, SO^4Mg et $(NO^3)^2Ca$.

Les Levures adaptées en KNO^3 s'étaient développées en PhO^4K^2H et en KCl d'une façon marquée, et très faiblement en NaCl, $NaNO^3$, SO^4Mg et $(NO^3)^2Ca$.

Les Levures adaptées en KCl s'étaient développées de même en KNO^3 et PhO^4K^2H et très faiblement en NaCl,SO^4Mg et $NaNO^3$.

La croissance des Levures adaptées à NaCl et $NaNO^3$ fut nulle ou insignifiante avec les autres sels.

Ces résultats montrent que dans les solutions concentrées, les Levures se souviennent de la nature chimique des sels avec lesquels elles ont été mises en présence; même les Levures ordinaires se développent plus rapidement que les Levures habituées à d'autres seis. Ils montrent de plus que des deux groupements chimiques qui constituent le sel, c'est la base qui impressionne surtout la Levure.

Il est donc incontestable que les Levures peuvent s'accoutumer aux matières salines, non seulement au point de vue de la pression osmotique, mais qu'elles sont aussi impressionnées par la nature chimique des sels.

Gembloux. Laboratoire de botanique de l'Institut agricole de l'État.

—

Contribution à l'étude du sulfate uranique; par W. Oechsner de Coninck, professeur à l'Université de Montpellier.

J'ai continué l'étude du sulfate uranique, $SO^4(UO)^2 + 3H^2O$ (*), en déterminant la densité de ses solutions dans l'eau pure et dans l'acide sulfurique étendu, de $d = 1,168$.

I. — *Densités des solutions aqueuses.*

TEMPÉRATURES.	QUANTITÉS de sel dissous °/₀.	DENSITÉS.
+ 14°	1	1,0062
+ 15,5	2	1,0113
+ 11,3	3	1,0172
+ 10,2	4	1,0229
+ 10,2	5	1,0280
+ 10	6	1,0338
+ 14	7	1,0389
+ 15,6	8	1,0442
+ 11	9	1,0503
+ 10,3	10	1,0557
+ 11,4	11	1,0612
+ 11,6	12	1,0669

(*) Ces recherches ont été faites à l'Institut de chimie de la Faculté des sciences de Montpellier (avril-mai 1901).

II. — *Densités des solutions du sel dans l'acide sulfurique* (d = 1,168).

TEMPÉRATURES.	QUANTITÉS de sel dissous °/o	DENSITÉS par rapport à l'acide sulfurique.	DENSITÉS par rapport à l'eau.
+ 20°,6	1	1,0050	1,1738
+ 22,2	2	1,0082	1,1775
+ 21,1	3	1,0129	1,1830
+ 22,7	4	1,0165	1,1872
+ 22,3	5	1,0204	1,1918

III.

J'ai étudié ensuite la solubilité du sel dans l'eau pure. Le sel employé pour ces expériences avait été finement pulvérisé et abandonné pendant quarante-huit heures au-dessus de l'acide sulfurique; il était exempt de sels basiques :

A + 13°,2, une partie de sulfate uranique se dissout dans 5,3 parties d'eau pure.

A + 14°,1, une partie du sel se dissout dans 5,16 parties d'eau pure.

A + 15°, une partie du sel se dissout dans 4,95 parties d'eau pure.

A + 15°,5, une partie du sel se dissout dans 4,88 parties d'eau pure.

On peut dire qu'à la température ordinaire, une partie de $SO^4(UO)^2 + 3H^2O$ se dissout dans 5 parties d'eau pure (nombre moyen).

Chaleur de dissolution du sel dans l'eau. — L'expérience a été faite à + 17°,3 avec un excès d'eau; j'ai trouvé que la chaleur de dissolution du sel cristallisé était égale à + 5^{cal},5. Ce nombre est un peu plus fort que celui (+ 5^{cal},1) qui est indiqué dans les traités classiques.

Indices de réfraction. — J'ai mesuré les indices des solutions aqueuses du sel à 8 % et à 10 % :

a) Solution à 8 % : $n = 1,365$;

b) Solution à 10 % : $n = 1,371$.

OUVRAGES PRÉSENTÉS.

Selys Longchamps (*le baron de*). A la mémoire de Michel-Edmond baron de Selys Longchamps, 1813-1900. Liége, 1901; in-8° (51 p., portrait).

Stroobant (*P.*). Sur la détermination des positions absolues en astronomie. Bruxelles, 1901; extr. in-12 (34 p.).

Vandevelde (*A.-J.*). De kieming der zaadplanten (spermatophyten). Morphologie en physiologie, 2de stuk. Gand, 1900; in-8°.

Ministère de l'Industrie et du Travail. Bibliographia geologica, par Michel Mourlon et G. Simoens, sér. A, t. III. Publications antérieures à 1896. 1900.

Allemagne et Autriche-Hongrie.

Edelmann (*Th.*). Bemerkungen über Aichung von Präcisionsbrücken. — Umkehrbare Wheatstone'sche Präcisions-Messbrücken. — Kurbel-Messdraht. — Transportable

Apparatenzusammenstellung für Kabeluntersuchungen. — Drei Formen der Thomson'schen Messbrücke für kleine Widerstände. — Präcisions-Kurbelrheostaten und -Brücken. Munich, 1900; extr. in-8° (16 p.).

BERLIN. *Physikalisch-technische Reichsanstalt.* Verzeichniss der Veröffentlichungen, 1887-1900. Berlin, 1901; in-4°.

— *K. preuss. geologische Landesantstalt.* Jahrbuch, 1899.

— *Gesellschaft Naturforschender Freunde.* Sitzungsberichte, 1900.

FRANCFORT-SUR-MAIN. *Physikalischer Verein.* Das Klima von Frankfurt-am-Main (Jul. Ziegler und W. König). 1901.

CRACOVIE. *Carte géologique de la Galicie,* feuilles VIII et XII avec texte.

HALLE. *Kaiserl. Akademie der Naturforscher.* Nova Acta 75. und 76. Band. Leopoldina, Jahrgang 1899; in-4°.

PRAGUE. *K. Sternwarte.* Astronomische Beobachtungen, 1892-1899. 1901; in-4°.

—

FRANCE.

Albert Ier de Monaco (*S. A S. Mgr le Prince*). Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht, fasc. 17 et 18 : Céphalopodes et Hydraires. Monaco, 1900; 2 cahiers in-4°.

— Notes de géographie biologique marine. Communication faite au VIIe Congrès international de géographie, à Berlin, en 1899. Berlin, 1900; extr. in-8° (12 p.).

Moissan (*Henri*). Compte rendu sommaire du IVe Congrès international de chimie appliquée, tenu à Paris en 1900. Paris, 1901; in-8° (102 p.).

LILLE. *Université.* Travaux et Mémoires, t. X, n° 27 : Étude de métrique et de rythmique sur le Prométhée enchanté d'Eschyle (Médéric Dufour). 1901; in-8°.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1901. — N° 7.

Séance du 6 juillet 1901.

M. Jos. De Tilly, directeur.

M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Éd. Van Beneden, *vice-directeur;* G. Dewalque, C. Malaise, F. Folie, F. Plateau, Fr. Crépin, Ch. Van Bambeke, G. Van der Mensbrugghe, W. Spring, Louis Henry, M. Mourlon, P. De Heen, C. Le Paige, F. Terby, Léon Fredericq, J. Neuberg, A. Lancaster, L. Errera, *membres;* Ch. de la Vallée Poussin, *associé;* A. Jorissen, M. Delacre, Julien Fraipont, Pol. Francotte et Paul Pelseneer, *correspondants.*

M. Mansion motive par écrit son absence.

CORRESPONDANCE.

—

M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique envoie une ampliation des arrêtés royaux en date du 28 juin :

1° Abrogeant le paragraphe 2 de l'article 10 des statuts organiques aux termes duquel le directeur de la Classe ne pouvait être choisi deux années de suite parmi les membres étrangers à la ville de Bruxelles;

2° Décidant que les médailles d'or présentées comme prix des concours (art. 33 du Règlement général) sont de la valeur de 600 francs au moins.

— M. Darboux, président, pour 1901, de l'Association internationale des Académies, envoie des exemplaires du compte rendu de la session tenue à Paris, du 16 au 20 avril, ainsi que des exemplaires du texte arrêté par cette Assemblée pour le projet de l'Académie royale de Berlin, relatif au prêt des manuscrits, etc., entre les sociétés savantes affiliées, texte que l'Association désire voir communiquer aux gouvernements des pays où ces sociétés ont été instituées, afin de voir réaliser ses vœux.

M. le Secrétaire perpétuel fait savoir qu'il s'est empressé de prier M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique de saisir de ce document M. le Conservateur en chef de la Bibliothèque royale de Belgique, ainsi que les quatre Universités du pays.

La lettre de M. Darboux annonçait que les pouvoirs du Comité qui a organisé l'Assemblée générale de Paris,

expirent à la fin de l'année civile (1901). Les Académies auront donc à désigner, dit-il, leurs délégués au Comité et à envoyer les noms de ces délégués, à partir du 1er janvier 1902, à la Société royale de Londres, qui deviendra, à cette date, l'Académie directrice de l'Association.

La Classe décide que dans l'intervalle des assemblées générales, son délégué conservera son mandat jusqu'au moment où elle devra officiellement être représentée à la session subséquente.

M. le Secrétaire perpétuel, en remerciant M. Darboux pour cette communication, exprimera à l'éminent Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences de Paris les remerciements de la Classe pour l'accueil de si haute courtoisie fait à M. le directeur Jos. De Tilly, son délégué à la première Assemblée.

— L'Université de Genève annonce la réunion, le 7 août prochain, à Genève, de l'Association internationale des botanistes, réunion qui aura pour objet la question d'une bibliographie botanique et l'établissement de matériaux d'enseignement et de démonstration.

— Le Congrès britannique de la tuberculose annonce qu'il se tiendra au Queen's Hall, à Londres, du lundi 22 au vendredi 26 juillet 1901.

M. le Secrétaire perpétuel écrira au Comité pour l'assurer des sympathies de l'Académie.

— M. le Secrétaire perpétuel fait savoir que le jeudi 11 juillet aura lieu, au Museum d'histoire naturelle à Paris, l'inauguration de la statue de Chevreul.

Il est invité à écrire à la Direction du Museum que la

Classe s'associe d'esprit et de cœur à la manifestation qui aura lieu à cette occasion à la mémoire de l'illustre chimiste, que l'Académie s'honore d'avoir compté parmi ses associés.

— Hommages d'ouvrages :

1° a) *Résumé des observations météorologiques faites a l'Observatoire royal pendant les années 1899 et 1900;* b) *Le climat de la Belgique en 1898 et 1899;* c) *Le mouvement de la population dans l'agglomération bruxelloise depuis 1830;* d) *La direction du vent à Bruxelles d'après cinquante années d'observation;* e) *Données météorologiques recueillies à l'Observatoire de 1833 à 1900. Éphémérides météorologiques et naturelles;* f) *Les tremblements de terre en Belgique;* g) *Le climat de l'Ardenne;* par Alb. Lancaster;

2° *Recherches sur le nitrate d'uranium;* par le Dr W. Oechsner de Coninck;

3° *Les glandes pygidiennes des Coléoptères* (second mémoire); par Fr. Dierckx;

4° *Le baron Edmond de Selys Longchamps;* par Alph. Dubois;

5° *Origines et distribution géographique de la faune d'Europe;* par le vicomte de Salignac-Fénelon;

6° *Stad Antwerpen. Paedologisch Jaarboek* onder redactie van prof. Dr M.-C. Schuyten, tweede jaargang (présenté par M. Van Bambeke, avec une note qui figure ci-après).

— Remerciements.

— La Classe renvoie à l'appréciation de MM. Errera, Gravis et Laurent un mémoire (avec planches) de M. Massart *Sur l'irritabilité des plantes supérieures.*

— M. De Tilly remplacera M. Fr. Deruyts comme premier commissaire pour l'examen du mémoire de M. Ferron *Sur les axes permanents de rotation des corps solides*.

PRIX DE SELYS LONGCHAMPS

POUR LA FAUNE BELGE.

Fondation.

Le baron Michel-Edmond de Selys Longchamps, membre de la Classe des sciences de l'Académie, décédé à Liége le 11 décembre 1900, avait inscrit la clause suivante dans son testament :

« Je laisse à la Classe des sciences de l'Académie royale de Belgique une rente annuelle et perpétuelle de cinq cents francs à charge de l'employer à décerner des prix biennaux, triennaux ou quinquennaux à des mémoires, publiés ou à publier, concernant la faune de Belgique. »

Cette donation a été acceptée au nom de l'Académie par arrêté royal du 18 mars 1901.

Règlement.

La Classe des sciences décernera tous les cinq ans un prix de 2,500 francs (sauf réduction motivée par la baisse du taux de l'intérêt de la rente) à l'auteur ou aux auteurs, belges ou étrangers, du meilleur ouvrage original, imprimé ou manuscrit, portant sur l'ensemble ou sur une partie de la faune belge.

[La Classe est d'avis que les mots « faune belge » ne doivent pas nécessairement être entendus dans le sens de « faune actuelle ». Le prix pourra être décerné à un travail traitant d'une faune antérieure à la faune actuelle, dans le cas ou aucun des mémoires ayant celle-ci pour objet ne mériterait le prix.]

La première période de ce concours s'ouvrira le 1er mai 1901 et sera close le 1er mai 1906.

Pour chaque période, seront admis à concourir :

1° Les travaux manuscrits adressés, franc de port, à M. le Secrétaire perpétuel de l'Académie royale de Belgique, au Palais des Académies, à Bruxelles, avant le 1er mai qui commence la période suivante du concours;

2° Les ouvrages imprimés qui auraient été publiés pendant les dix années qui précèdent la clôture de la période du concours.

Les travaux manuscrits pourront être signés. Dans le cas où le ou les auteurs désireraient conserver l'anonymat, ils seront tenus d'inscrire une devise sur leur mémoire, devise qui devra être reproduite sur l'enveloppe d'un billet cacheté, faisant connaître leurs nom et domicile.

Le prix en aucun cas ne pourra être divisé.

La Classe des sciences nommera, pour juger ce concours, une Commission de trois membres; elle pourra désigner éventuellement, comme commissaires, des naturalistes ne faisant pas partie de l'Académie.

Le résultat du concours sera proclamé dans la séance publique annuelle de la Classe.

Dans le cas où le concours demeurerait sans résultat, la Classe pourra ou doubler le prix de la période suivante, ou augmenter le capital.

PRIX CHARLES LEMAIRE

FONDÉ EN FAVEUR DES MÉMOIRES PUBLIÉS SUR DES QUESTIONS RELATIVES AUX TRAVAUX PUBLICS.

(Cinquième période : 1899-1901.)

M. le Secrétaire perpétuel présente pour ce concours, de la part de M. Paul Christophe, ingénieur des ponts et chaussées, à Bruxelles, son mémoire imprimé dans les *Annales des travaux publics,* sur *Le béton armé et ses applications.*

La Classe désigne comme membres du jury chargé de juger ce concours MM. Debeil et Lagasse, tous les deux inspecteurs généraux des ponts et chaussées, M. Lambin, ingénieur du même corps, secrétaire du cabinet de M. le Ministre des Finances et des Travaux publics, ainsi que MM. Brialmont, Van der Mensbrugghe et De Heen, membres de l'Académie.

NOTE BIBLIOGRAPHIQUE.

J'ai l'honneur de présenter à la Classe, au nom de M. le professeur Schuyten, le deuxième volume de son *Paedologisch Jaarboek.*

Cet annuaire renferme, indépendamment d'une revue bibliographique très fournie, quatre travaux originaux : trois de ces travaux sont l'œuvre du rédacteur, le quatrième est du Dr Sano.

Dans un premier travail, le professeur Schuyten

s'occupe de la *Variabilité de la force musculaire des enfants pendant les années civile et scolaire.* Sans nous arrêter à la méthode suivie par l'auteur, contentons-nous de signaler qu'en comparant les conclusions auxquelles il arrive avec celles tirées de ses recherches sur l'attention volontaire, il constate des fluctuations dans les activités physique et psychique des élèves, suivant une loi qu'il propose de nommer la « loi des saisons ».

Un deuxième travail est consacré à une *Étude du dessin original, comme base d'analyse infantile.*

Suit un article sur une question d'un intérêt pratique incontestable et souvent discutée : celle de savoir *S'il faut introduire, dans les écoles, l'écriture droite ou penchée.* Cet article est accompagné de deux photographies qui montrent clairement, après les calculs et les déductions faites par d'autres, que les élèves sont réellement très mal assis pendant l'écriture anglaise, et qu'ils ont tout avantage, au point de vue hygiénique, à s'exercer à l'écriture droite.

Dans un mémoire surtout du domaine de la psychiatrie, le Dr Sano traite du *Vagabondage des enfants.*

En présentant un exemplaire du livre du professeur Schuyten à l'Académie de médecine, le Dr Desguin a fait justement remarquer qu'il serait désirable que le professeur anversois trouvât des imitateurs dans d'autres villes du pays. On arriverait de la sorte à recueillir de nombreux matériaux, permettant une étude comparative des résultats obtenus.

Ch. Van Bambeke.

RAPPORTS.

—

Sur l'avis exprimé verbalement par M. Errera, une note de M. Johannes Starke : *Sur la prétendue existence de solanine dans les graines de Tabac*, paraîtra au *Bulletin*.

—

Résolution graphique des cristaux (seconde partie) ; par G. Cesàro.

Rapport de M. Neuberg, premier commissaire.

« L'auteur continue ses intéressantes études sur les procédés graphiques pouvant servir à résoudre les problèmes de cristallographie. Il indique d'abord comment le dessin s'applique à la construction plane des formules obtenues par l'emploi de la trigonométrie sphérique ou à la résolution des équations. Il montre ensuite que la projection orthogonale peut quelquefois se substituer avantageusement à la projection stéréographique. Enfin il indique différentes méthodes nouvelles pour déterminer un angle dièdre, connaissant les projections stéréographiques des pôles de ses faces.

Les solutions données par notre savant confrère sont fort ingénieuses et instructives. Nous proposons donc volontiers l'impression du mémoire actuel et la reproduction des figures qui l'accompagnent, dans les *Mémoires* in-4° de l'Académie. »

—

Rapport de M. Ch. de la Vallée Poussin, deuxième commissaire.

« Dans ce travail, M. Cesàro, après avoir montré comment on peut dessiner les résultats des formules de trigonométrie appliquée aux cristaux, traite par plusieurs exemples de l'emploi et des avantages qu'offrent quelquefois les projections orthogonales dans les problèmes cristallographiques. Il termine son travail en développant plusieurs méthodes pour déterminer l'angle dièdre de deux faces, quand on en connaît les projections stéréographiques. On remarque dans ce mémoire les mêmes qualités de rigueur et de clarté dont l'auteur a donné les preuves dans ses mémoires antérieurs.

Me ralliant donc aux conclusions du premier commissaire, je demande la publication du texte et des planches dans les *Mémoires* de l'Académie. » — Adopté.

—

Sur quelques dérivés fluobromés en C_2 (quatrième communication); par F. Swarts.

Rapport de M. W. Spring, premier commissaire.

« M. F. Swarts a continué ses intéressantes recherches sur les dérivés fluorés du carbone. Le travail qu'il présente aujourd'hui à l'Académie comprend l'étude des corps qui se forment par l'action du fluorure d'antimoine, mêlé de brome, sur l'éthane tribromé, $C_2H_3Br_3$, ainsi que l'étude de certains produits qui en découlent.

L'auteur a obtenu d'abord le *difluorbrométhane* ($C_2H_3BrFl_2$) et le *fluordibrométhane* ($C_2H_3Br_2Fl$); ce dernier se forme en moindre proportion.

Par l'action de la poussière de zinc, le difluorbromméthane fournit l'*éthylène fluoré*, C_2H_3Fl, un gaz qui se liquéfie au-dessous de -50° et qui donne, au contact du brome, le *fluordibrométhane*, qui bout à 121°,5. La potasse en solution dans l'alcool réagit aussi sur le difluorbromméthane; elle donne un *éther fluoré*, $C_2H_3Fl_2 - O - C_2H_3$, et de l'*éthylène difluoré*, qui est un gaz, dans les conditions ordinaires, et qui se combine facilement avec le brome pour donner l'*éthane difluordibromé*, $C_2H_2Fl_2Br_2$, bouillant à 90-97°, et isomère, par conséquent, avec l'éthane difluordibromé que l'auteur avait préparé déjà au début de ses recherches (celui-ci a 107°,5 comme point d'ébullition).

L'éther $C_2H_3Fl_2 - O - CH_3$ a également été préparé. Il est facilement oxydable et conduit à l'*acide difluoracétique*. L'auteur conclut de là à la structure moléculaire suivante de l'éther :

$$CHFl_2 — CH_2 — O — CH_3$$

et à la structure $CHFl_2 - CH_2Br$ pour le difluorbromméthane.

Enfin, en traitant le difluorbrométhane par l'iodure de calcium, M. Swarts a obtenu un *dérivé fluoriodé*, $C_2H_3IFl_2$, qui promet plusieurs réactions intéressantes.

Le *dibromfluoréthane* a été soumis, de son côté, à l'action de la poussière de zinc, ainsi qu'à celle d'un alcali (mélange de carbonate, d'acétate de potassium et d'alcool). Il s'est formé l'éthylène fluoré mentionné ci-dessus et le *bromfluoréthylène*, $CH_2 : CBrFl$, qui bout à 30-35°.

La constatation des faits résumés dans les lignes pré-

cédentes représente un travail considérable, qui a été conduit avec autant de talent que de persévérance; il fait honneur à son auteur et il est un beau complément aux travaux dont l'Académie a été heureuse déjà de signaler le mérite.

Je propose l'insertion de ce travail dans le *Bulletin* de la séance. »

—

Rapport de M. Louis Henry, deuxième commissaire.

« J'ai lu avec un vif intérêt le nouveau mémoire de M. Frédéric Swarts; c'est, à mon sens, une contribution importante à l'étude des dérivés fluorés en C_2. Parmi les divers composés nouveaux que signale l'auteur, j'ai surtout remarqué l'éthylène difluoré dissymétrique, $H_2C = CFl_2$. La constitution en est déterminée d'une manière aussi ingénieuse que péremptoire. Ce corps se fait remarquer par sa stabilité. Il est inoxydable à l'air, alors que la présence du chlore, du brome et de l'iode dans les dérivés correspondants communique au carbone une si grande aptitude à se combiner avec l'oxygène de l'air. Pour être d'accord avec nos idées actuelles sur la différence d'affinité des corps halogènes pour l'oxygène, le fait n'en est pas moins intéressant et digne d'être noté.

Je me joins donc bien volontiers à mon savant confrère pour demander à la Classe d'insérer dans le *Bulletin* de ses séances le mémoire de M. Swarts. » — Adopté.

—

HYSTÉRÉSIS ET VISCOSITÉ. — *Sur les déformations permanentes et l'hystérésis* (6e mémoire). — *L'inégalité de Clausius et l'hystérésis* (7e mémoire); par M. V. Duhem.

Rapport de M. Ch. Lagrange, premier commissaire.

« Ces deux nouveaux mémoires de M. Duhem forment la suite naturelle d'autres mémoires sur la même matière, déjà publiés par l'Académie. Dans le premier, l'auteur discute l'application du principe de Carnot et Clausius aux systèmes affectés d'hystérésis; dans le second, il montre la nécessité de tenir compte, pour l'explication plus complète des faits, à la fois de l'hystérésis et de la viscosité, et établit la théorie de ces deux actions simultanées. Je pense avoir exposé déjà avec assez de soin et d'étendue, au sujet des recherches de M. Duhem, notamment dans mon rapport sur « Les déformations permanentes et l'hystérésis » (*Bulletin*, t. XXX, p. 805), le principe d'analyse dont les mémoires actuels constituent des conséquences. J'ai donc l'honneur de proposer à la Classe d'insérer dans les *Mémoires* in-4° ces deux nouveaux mémoires, avec les figures qui les accompagent, et d'adresser à l'auteur des remerciements pour son importante communication. »

M. De Heen, second commissaire, déclarant se rallier aux conclusions du rapport ci-dessus, celles-ci sont adoptées par la Classe.

—

Sur les dérivés ferriques halogénés de l'antipyrine (1); par M.-C. Schuyten, docteur en sciences.

Rapport de M. A. Jorissen, premier commissaire.

« Le billet cacheté adressé à l'Académie en avril 1897 par M.-C. Schuyten, contient l'exposé d'une série d'observations sur les produits qui se forment par l'action des composés halogénés du fer sur l'antipyrine.

L'un de ces produits est employé en thérapeutique et se trouve dans le commerce sous les noms de ferro- ou de ferripyrine; il a été étudié dès 1895 par F. Hasse, qui en a fait connaître les principales propriétés physiques et chimiques (2).

Pour ce qui concerne la partie du travail de M. Schuyten se rapportant à la ferripyrine, nous ferons remarquer que l'auteur n'indique pas clairement s'il a opéré sur le produit dont il se borne à décrire sommairement la préparation ou s'il a étudié un composé de même origine que celui dont s'est occupé Hasse.

Quoi qu'il en soit, tandis que le chimiste allemand prétend avoir obtenu la ferripyrine à l'état cristallin, M. Schuyten déclare n'avoir pu procéder à la détermination du point de fusion au moyen d'une substance cristallisée.

Il en résulte que l'individualité chimique du produit étudié par M. Schuyten n'est guère établie, car les

---

(1) Billet cacheté déposé en avril 1897.

(2) *Pharmaceut. Centralhalle,* 1895, p. 59 (Aus dem Laboratorium der Chem. Fabrik von Knoll und Cie; Ueber Ferropyrin (Antipyrinum cum Ferro) von Dr F. Hasse.

réactions que l'auteur décrit longuement ne présentent qu'une importance accessoire au point de vue de la diagnose de la ferripyrine.

Dans ces conditions, nous croyons qu'il n'y a pas lieu de proposer l'impression de la communication de M. Schuyten dans les *Bulletins* de l'Académie : cette note serait mieux à sa place si elle était publiée dans une revue spéciale. »

—

Rapport de M. Delacre, second commissaire.

« J'estime que le travail de M. Schuyten a un caractère plutôt empirique et je suis de l'avis du savant premier commissaire lorsqu'il le juge un peu spécial pour être inséré dans les *Bulletins* de l'Académie. »

La Classe, adoptant les conclusions des rapports de ses commissaires, décide que le manuscrit sera remis à l'auteur, s'il le désire.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

—

Sur le nitrile adipique NC - $(CH_2)_4$ - CN ; par Louis Henry, membre de l'Académie.

La série des dinitriles normaux $(CH_2)_n$ - $(CN)_2$ est, parmi toutes les séries de carburation, l'une des plus intéressantes au point de vue physique, tant sous le rapport de la *volatilité* que sous celui de la *fusibilité*.

J'en ai fait connaître autrefois le second terme, le

nitrile malonique $CN - CH_2 - CN$ (*), et le quatrième terme, le *nitrile glutarique* $CN - (CH_2)_3 - CN$ (**).

Je viens faire connaître aujourd'hui le cinquième terme, le *nitrile adipique* $NC - (CH_2)_4 - CN$.

Le *nitrile adipique* s'obtient aisément par la réaction soit du bromure, soit de l'*iodure de tétraméthylène* $(H_2C)_4 - X_2$ sur le cyanure de potassium, au sein de l'alcool. Je n'ai pas eu à ma disposition du *chlorure* $(H_2C)_4\ Cl_2$ pour en constater l'action.

Voici le détail d'une opération qui m'a fourni un résultat satisfaisant.

Vingt-cinq grammes de *bibromure de tétraméthylène* pur — éb. 198° — ont été chauffés, au bain d'air, pendant une bonne demi-heure, dans un ballon muni d'un long tube droit en manière de réfrigérant, avec 18 grammes de cyanure de potassium bien pulvérisé et environ trois volumes d'alcool de 80 °/₀. Le bibromure, qui ne s'y dissout qu'incomplètement, disparaît rapidement et le cyanure se transforme en un précipité grenu de bromure

---

(*) *Comptes rendus*, t. CII, p. 1394 (année 1886).

(**) *Id.*, t. C, p. 742 (année 1885).

Je me suis occupé dans cette même notice du *nitrile succinique normal* $NC - (CH_2)_2 - CN$ pour en améliorer la préparation et en préciser les propriétés. J'ai fait remarquer que c'est à tort que l'on décrit ce composé comme un *corps amorphe;* il constitue en réalité une *masse glacée* et, lors de sa solidification, il est aisé de constater son caractère cristallin. Il est à regretter que, dans divers ouvrages récents et d'ailleurs fort recommandables, cette erreur concernant l'état physique de ce composé soit encore répétée. Cela prouve évidemment que ces auteurs n'ont jamais eu sous les yeux le *nitrile succinique* lui-même dans un état convenable ou qu'ils se répètent de confiance les uns les autres sans contrôle personnel.

potassique, représentant une masse plus considérable. La liqueur brunit faiblement. On filtre.

On chasse l'alcool autant que possible par la distillation. Le résidu, mélange du nitrile formé et d'un peu de bromure potassique resté en dissolution, est, pour se débarrasser de celui-ci, traité, après refroidissement, par une certaine quantité de chloroforme. La solution chloroformique du nitrile est filtrée et soumise à la distillation. Après l'expulsion du chloroforme, on distille sous pression raréfiée.

On a trouvé dans ce composé 25.74 et 25.79 % d'azote. La formule $(H_2C)_4 - (CN)_2$ en demande 25.92.

Le *nitrile adipique* $(H_2C)_4 - (CN)_2$ est de tous points analogue au *nitrile glutarique* qui le précède immédiatement dans l'échelle de carburation.

Il constitue un liquide quelque peu épais, sans couleur et sans odeur appréciables. Sa saveur est étrange, amère et piquante.

Il est insoluble ou tout au moins fort peu soluble dans l'eau, qu'il surnage, dans le sulfure de carbone et dans l'éther ordinaire. A la température ordinaire, il nécessite environ dix fois son volume d'éther pour se dissoudre.

L'alcool et le chloroforme le dissolvent aisément.

Sa densité à 19° est égale à 0.951 par rapport à l'eau à la même température.

Son indice de réfraction est 1.4397. Son pouvoir réfringent moléculaire a été trouvé égal à 29.85 ; calculé : 29.70.

Il bout, sous la pression de 760 millimètres, sans décomposition, à 295°, presque toute la colonne mercurielle dans la vapeur.

Dans un mélange réfrigérant de neige carbonique et d'éther, le nitrile adipique se congèle immédiatement en formant une masse fort dure, constituée de grandes aiguilles cristallines. Comme ses congénères, en prenant l'état solide, il subit un retrait considérable. La masse fond, d'une manière fixe, à 0° - + 1°.

Ce corps présente les propriétés ordinaires des composés de cette sorte.

Il se combine aisément avec l'acide bromhydrique gazeux et se transforme en une masse blanche cristalline.

Chauffé avec de l'acide chlorhydrique concentré, il fournit du chlorhydrate ammonique qui cristallise par le refroidissement. La liqueur acide restante renferme de l'*acide adipique*, caractérisé par son point de fusion, vers 150°.

Je profiterai de l'occasion pour faire connaître que le terme en C_5, dans cette série, le *nitrile glutarique* $(CH_2)_3 - (CN)_2$, également liquide à la température ordinaire, se congèle aussi, dans le mélange de neige carbonique et d'éther, en une masse cristalline, fusible à — 29°. Si l'on se rappelle que les termes en C_3 et en C_4, les *nitriles malonique* $CH_2 - (CN)_2$ et *succinique* $(CH_2)_2 - (CN)_2$, fondent respectivement à 30° et 55°, on voit que dans la série des *dinitriles normaux* $(CH_2)_n - (CN)_2$, comme dans celle des acides correspondants $(CH_2)_n - (CO - OH)_2$, la fusibilité varie, à partir de C_3, d'une manière alternante selon que les divers termes de la série renferment un nombre *pair* ou *impair* d'atomes de carbone. Le point de fusion s'abaisse quand on passe d'un terme *pair* au terme *impair* immédiatement supérieur, pour remonter quand on passe au terme *pair* suivant.

Je ne m'occuperai pas davantage de ce fait en ce moment, ayant l'intention d'examiner dans un travail spécial prochain la question de la *fusibilité* dans les composés saturés normaux en général, $C - (CH_2)_n - C$.

Le *bibromure de tétraméthylène* $(CH_2)_4 Br_2$ qui m'a servi à faire le nitrile adipique que je viens de faire connaître, provenait de l'action de l'acide bromhydrique concentré sur l'*acétate de tétraméthylène* $(CH_2)_4 - (C_2H_3O_2)_2$, éb. 230° p. 751 m., chauffé au bain d'eau en vase clos. Il bouillait fixe à 198°, sous la pression ordinaire. Je devais cet *acétate de tétraméthylène* lui-même à la cordiale libéralité de mon savant collègue de l'Institut catholique de Paris, M. l'abbé Hamonet, auquel je suis bien aise d'exprimer ici tous mes remerciements. On sait que M. l'abbé Hamonet a réussi à préparer le *glycol succinique* normal ou *tétraméthylénique* $(CH_2)_4 - (OH)_2$ (*) pur, en partant de l'*amyloxypropionate de potassium* β $(C_5H_{11})OCH_2 - CH_2 - CO(OK)$. Ce sel, soumis à l'électrolyse, en solution aqueuse, fournit la *diamyline tétraméthylénique* $(CH_2)_4 - (OC_5H_{11})_2$, éb. 260°.

J'avais préparé, en février dernier, le même *nitrile adipique* à l'aide d'un échantillon de *bibromure de tétraméthylène* $(CN_2)_4 - Br_2$, bouillant vers 193°-195° et provenant de l'action de l'acide bromhydrique sur le glycol en C_4, résultant de l'action de l'acide nitreux sur l'*alcool*

(*) Voir *Comptes rendus*, t. CXXXII, pp. 259, 345 et 631. Je tiens à ajouter que, dans le but de constater la nature de ses dérivés en C_4, M. l'abbé Hamonet a constaté aussi que le *butane diiodé* $C_4H_8 - I_2$, qu'il avait obtenu, fournit avec le cyanure potassique un dinitrile, qu'il n'a pas d'ailleurs examiné, lequel se transforme par hydratation en *acide adique* (février 1901).

amino-butylique normal et bi-primaire $(NH_2)\ CH_2 - (CH_2)_2 - CH_2\ (OH)$. Sans doute que ce bibromure, comme le glycol dont il dérivait, n'était pas homogène et renfermait une petite quantité du composé 1 - 3, $CH_2Br - CH_2 - CHBr - CH_3$ (*), car le nitrile adipique que j'en avais obtenu à cette époque, quoique bouillant aussi à 293°-295°, sous la pression ordinaire, ne m'avait pas permis de déterminer le point de fusion de la masse cristalline, en laquelle il se transformait, dans la neige carbonique arrosée d'éther.

—

Remarques sur quelques phénomènes d'imbibition;
par G. Van der Mensbrugghe, membre de l'Académie.

On a pu constater depuis longtemps, je pense, que si l'on sèche aussi bien que possible du sable ou de la terre sablonneuse, puis qu'on y ajoute de l'eau par petites portions jusqu'à ce que l'on présume que la masse est légèrement imbibée, le volume total est moindre que celui de la terre sèche.

Pour faire très simplement l'expérience, on peut prendre un verre de 4 à 5 centimètres de diamètre et le remplir, jusqu'à 1 centimètre du bord, de terre bien séchée; pour tasser les grains, on donne de petits coups répétés sur le verre; dès qu'on juge que le tassement s'est

(*) Voir ma notice *Sur les amino-alcools*, BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, Classe des sciences, 1900, pp. 584 et suiv., et mon mémoire *Sur les nitriles-alcools aliphatiques*, etc., dans le t. LVII des MÉM. IN-8° DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, pp. 68 et suiv., année 1898.

opéré et que la surface terminale est sensiblement plane, on dispose celle-ci horizontalement et l'on marque le plan du niveau par un trait noir à l'extérieur du verre. On fait tomber alors goutte à goutte de l'eau dans le verre; les premières gouttes demeurent plus ou moins longtemps globulaires, suivant le degré de sécheresse de la terre; mais dès qu'elles ont été absorbées, l'eau, tombant sur l'espace déjà mouillé, descend rapidement; au bout de quelque temps, toute la masse paraît imbibée, ce qu'on voit aisément, puisqu'elle semble alors toute noire, à cause de l'absence de lumière diffusée par elle. Il devient dès lors facile de constater que la terre est descendue au-dessous du trait marquant le niveau primitif.

Si l'on ajoute alors une couche d'eau de 3 à 4 millimètres d'épaisseur, on observe que l'absorption se fait beaucoup plus lentement; en répétant plusieurs fois la même addition de liquide, on trouve que la terre imbibée acquiert un volume égal, puis supérieur au volume primitif. La cinquième couche d'eau que j'ai ajoutée a mis plus de quarante-huit heures pour être absorbée, ce qui démontre qu'à partir d'un certain degré d'imbibition de la terre, l'eau y pénètre très difficilement.

Pour expliquer la diminution, en apparence si singulière, du volume de la terre légèrement mouillée, suffit-il d'invoquer le dégagement d'air produit par l'imbibition? Je ne le pense pas; à cet égard, je rappellerai un travail que j'ai publié en 1893 (1) et où j'ai tâché de montrer que la couche superficielle d'un corps solide, au lieu d'être

(1) *Remarques sur la constitution de la couche superficielle des corps solides* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, t. XXVII, p. 877).

constituée comme à l'intérieur, est composée, au contraire, d'une série de tranches dont la densité va en décroissant du dedans en dehors; grâce à cette circonstance, l'air, et en général les corps aériformes de l'atmosphère, peuvent aisément se loger dans les intervalles entre les molécules solides; ainsi se forme une gaine composée à la fois de particules solides et de particules gazeuses. Tous les physiciens savent combien il est difficile de débarrasser de l'air adhérent la surface d'un corps solide. Mais, disons-le en passant, cet inconvénient est largement compensé par la facilité avec laquelle la gaine, d'ailleurs invisible, nous permet de manier aisément tous les objets ; sans cette gaine, si mince pourtant, nous ne pourrions toucher un corps solide quelconque sans y voir adhérer nos doigts ou nos vêtements; sans elle, nous ne saurions même pas faire un pas sans devoir vaincre une grande résistance.

Cela étant, que devient la gaine entourant chacun des grains de sable ou de terre lorsque ceux-ci sont en présence de l'eau? Comme l'attraction du sable ou de la terre pour ce liquide est incomparablement plus forte que pour l'air, celui-ci se trouve ou bien chassé au dehors ou bien comprimé comme dans les liquides, où il se dissout d'autant plus aisément que la compression devient plus énergique; on comprend que la gaine primitive est alors remplacée par une couche où il y a à la fois des parcelles solides et des molécules d'eau, et qu'ainsi la densité de cette couche devient plus grande que celle de l'eau isolée; au surplus, tandis que primitivement les grains terreux étaient séparés par une couche en partie gazeuse, où la cohésion était relativement très faible, ils se trouveront maintenant séparés par une couche très mince, à la

vérité, mais à forte cohésion; voilà pourquoi, je pense, les grains sont attirés les uns vers les autres, et, de cette manière, le volume du sable légèrement mouillé est moindre que celui du sable sec.

Si l'on ajoute ensuite de l'eau par portions consécutives, l'imbibition ultérieure deviendra de plus en plus difficile, car il faudra vaincre, à des profondeurs croissantes, l'adhésion devenue très grande entre les différents grains de la masse. C'est ce qui explique pourquoi l'absorption devient de plus en plus lente. Mais le volume de la terre de plus en plus largement imbibée augmente peu à peu, atteint sa valeur primitive et finit par la dépasser.

J'ai voulu comparer, par un procédé bien simple, le degré d'adhérence du sable ou de la terre et de l'eau, suivant que l'imbibition a été assez faible pour provoquer une diminution de volume, ou bien que l'absorption de l'eau a été longtemps prolongée. A cet effet, j'ai rempli de terre sèche, à peu près à 1 centimètre du bord, un verre d'environ 100 centimètres cubes de capacité; puis j'ai produit peu à peu une imbibition complète, mais assez faible pour qu'on pût constater aisément la diminution de volume; dans ces conditions, j'ai pu retourner le verre et même le secouer fortement sans qu'une portion de la masse imbibée se détachât. On peut rendre l'expérience assez frappante en imbibant seulement une moitié du sable, de manière que la surface du verre non mouillée soit symétrique de celle qui touche la portion de terre imbibée; dès lors, quand on retourne le verre, la partie sèche s'écoule et tombe, tandis que la portion imbibée ne bouge pas. Ce qui montre encore la remarquable adhérence de toutes les parties de la terre ainsi préparée, c'est qu'il faut exercer un assez grand effort pour y

enfoncer par exemple un doigt à quelques millimètres de profondeur.

Prenons maintenant un second verre de même espèce et de même grandeur que le premier; remplissons-le, comme le précédent, de terre sèche, que nous imbibons graduellement, mais en ajoutant cette fois des doses d'eau consécutives, jusqu'à ce qu'après deux jours, par exemple, la dernière couche d'eau surnage encore en partie; nous pourrons alors enfoncer le doigt sans effort dans la terre ainsi détrempée, et si nous retournons le verre en lui donnant de légères secousses, la masse se détache presque tout entière et tombe. C'est que, outre les couches mouillantes de deux grains voisins, il y a encore entre eux de l'eau constituée comme à l'ordinaire et rendant très facile le mouvement d'une particule autour d'une autre.

Les expériences qui viennent d'être décrites donnent sans doute la clef de l'explication de plusieurs faits très connus, mais assez singuliers. On sait qu'après une période de sécheresse assez longue, les champs découverts durcissent de plus en plus, finissent par présenter de nombreuses crevasses plus ou moins larges, et sont parsemés de mottes de terre fortement adhérentes; c'est que les couches très minces d'humidité qui séparaient d'abord les grains se sont évaporées lentement, ce qui a permis à la cohésion de ces grains de se prononcer de plus en plus, de diminuer le volume des portions supérieures du sol, et, comme conséquence inévitable, d'y rendre la continuité impossible.

On sait également que, par un temps très sec, il est difficile d'arracher les mauvaises herbes; c'est encore parce que, après avoir été imbibé, puis desséché lente-

ment, le sol s'est resserré de plus en plus contre les racines des plantes. Au contraire, quand la terre est bien mouillée après une pluie assez persistante, le sarclage devient très facile, à cause précisément de la plus grande liberté des grains terreux à se déplacer les uns par rapport aux autres.

Pour donner encore une preuve de la forte adhésion d'un liquide et d'un solide, je citerai l'expérience suivante : Après avoir bien nettoyé et séché une bougie Pasteur, comme celles qui sont fréquemment employées pour la filtration des eaux impures, on la met en communication avec une trompe; on peut alors constater que la bougie se laisse traverser par de l'air, de sorte qu'au bout d'un certain temps, l'air qui passe a même volume que celui qu'on enlève et qu'alors la pression intérieure de la cloche de la trompe demeure sensiblement constante. Si, au contraire, on plonge entièrement la bougie dans l'eau, puis qu'on la retire, elle ne se laisse plus traverser par l'air, tant l'adhésion de l'eau aux parcelles solides de la bougie est considérable. Si l'on plonge seulement au tiers, au quart, etc., la bougie préalablement séchée, on observe que le passage de l'air se fait sur les deux tiers, les trois quarts du contour.

On peut faire aussi la même expérience en plongeant la bougie dans l'éther, et la retirant immédiatement après; le passage de l'air est encore interrompu, seulement l'évaporation de l'éther étant très rapide, l'air ne tarde pas à s'introduire de nouveau dans la cloche. La bougie subit alors un refroidissement tellement énergique qu'on ne peut plus garder la main en contact avec elle.

—

Phénomènes périodiques observés en mai 1901;
par F. Folie, membre de l'Académie.

Le 1er. Floraison du *Berberis*, du *Caltha*, du pommier, de la gesse, du genêt, de la primevère, de la pulmonaire, du sisymbre officinal, du fraisier des bois.

Feuillaison de l'acacia.

Le 5. Feuillaison du hêtre et du marronnier, au Sart-Tilman (230 m.).

Floraison de l'amelanchier, de la mansiène, de l'ajonc épineux.

Le 15. Floraison du muguet.

Le 18. Floraison du cognassier; floraison générale des fraisiers.

Le 22. Floraison du néflier.

Les froids vifs survenus le 20 ont notablement retardé les floraisons subséquentes.

Depuis 1896 tout au moins, je n'ai plus remarqué de gelée vers le 13 mai; j'ai rapproché ce fait de l'absence des aérolithes attendus comme devant être nombreux le 13 novembre 1899. De plus, l'année dernière, comme celle-ci, il y a eu une forte gelée le 20 mai. Il est probable que l'essaim des Léonides a subi une perturbation, et les jardiniers feront bien, je pense, de se défier à l'avenir des 19-20 mai plutôt que des 13-14.

—

De la prétendue existence de solanine dans les graines de Tabac; par Johannes Starke.

Dans un travail récent, Albo (*) a signalé comme très probable l'existence de la solanine dans les graines de *Nicotiana Tabacum*. En appliquant à cet objet les méthodes microchimiques en usage pour la recherche des alcaloïdes dans les plantes, l'auteur arrive bien à tomber d'accord avec les autres botanistes en ce qu'il n'y a pas de nicotine dans les graines mûres de *Nicotiana*, mais il y aurait là quand même un principe alcaloïdique qui, suivant ses recherches microchimiques, serait très probablement la solanine.

Cela constituerait un fait absolument nouveau.

Or, nous savons, surtout par Molle (**), que les méthodes microchimiques, tout en restant un moyen précieux pour de telles investigations, ne peuvent être appliquées qu'avec beaucoup de critique. Et c'est à cause de cela, autant que pour la nouveauté du fait signalé par Albo, que M. Errera m'a invité à vérifier macrochimiquement le bien fondé des indications de l'auteur italien.

(*) G. Albo, *Funzione fisiologica di alcuni alcaloidi vegetali.* Palerme, 1900.

(**) Ph. Molle, *Recherches de microchimie comparée sur la localisation des alcaloïdes dans les Solanacées.* Bruxelles, 1895 (Mém. cour. et Mém. des sav. étr. de l'Acad. roy. de Belgique, t. LIII).

En suivant cette invitation, j'ai donc exécuté les expériences que voici :

Première expérience : *Choix de la méthode et son examen sur un objet contenant certainement de la solanine.*

Les méthodes données par divers chimistes ne diffèrent que peu entre elles. Par conséquent, j'ai choisi tout simplement la méthode que Beilstein (*) recommande, et je l'ai essayée à l'aide de pousses de pommes de terre.

Environ 15 grammes de ces pousses fraîches réduites en pâte dans le mortier, sont digérés douze heures dans une solution d'acide acétique à 2 %. — Cet acide ne dédouble pas la solanine en sucre réducteur et solanidine. — La digestion finie, on presse le tout à travers un linge à l'aide d'une presse de laboratoire.

La liqueur ainsi obtenue est portée à 50° et, à cette température, additionnée de NH_3 jusqu'à réaction manifestement alcaline. Il se forme un précipité. On filtre.

Le résidu sur le filtre est séché à la température ordinaire dans le vide et puis bouilli plusieurs fois de suite avec de l'alcool à 85 %. Filtrations à chaud.

Le liquide alcoolique filtré est additionné d'une solution aqueuse d'ammoniaque jusqu'à l'apparition d'un trouble. On laisse se déposer, puis on filtre.

Le résidu sur le filtre est repris dans la plus petite quantité possible d'alcool à 85 % bouillant, et cet alcool alors filtré à chaud le plus vite que l'on peut.

(*) Beilstein, *Handbuch der organischen Chemie,* 3. Auflage, Bd III, p. 612.

On obtient ainsi le liquide alcoolique chaud définitif où se précipite, par refroidissement, la solanine.

Dans cette liqueur se forment, en effet, en quantité, à mesure qu'elle se refroidit, des cristaux incolores, du brillant de la soie blanche, ayant la forme de très petites et très fines aiguilles : c'est là la forme typique des cristaux de solanine. Ces cristaux ne réduisent pas la liqueur de Fehling, mais si on les bout avec de l'acide chlorhydrique à 5 % pendant vingt minutes environ, ils fournissent une substance réduisant l'oxyde de cuivre en milieu alcalin. En solution alcoolique additionnée d'acide sulfurique concentré, ils donnent la coloration rouge-cerise caractéristique de la solanine.

La méthode est donc bonne : elle fournit en peu de temps et à l'aide d'une quantité assez faible de pousses de pommes de terre la solanine pure et cristallisée.

* * *

Seconde expérience : Sont traités d'après cette méthode 12 grammes de graines de *Tabac de Grammont*. Les graines sont prises telles quelles. Pendant qu'elles sont réduites en pâte dans le mortier, elles dégagent une odeur très manifeste d'acide butyrique. La digestion avec l'eau acidulée n'offre rien de spécial. Le premier précipité provoqué par l'ammoniaque semble tout à fait insoluble dans l'alcool bouillant. Le liquide alcoolique filtré, additionné d'eau ammoniacale, reste absolument clair.

Il n'y avait donc pas de solanine.

* * *

Troisième expérience : On traite, suivant la même méthode, 124 grammes de graines de *Nicotiana macrophylla*. J'ai d'abord séché ces graines vers 100°, la solanine

et la solanidine ne se dédoublant qu'à partir de + 235°. Cette fois, la pâte n'offre point l'odeur de l'acide butyrique. En dehors de la richesse des graines en huile, la digestion ne montre rien de spécial. Mais lorsque la liqueur obtenue par la digestion est portée à 50°, elle donne lieu à un précipité — [*précipité* α]. — On filtre et l'on suit avec le liquide filtré le cours de la méthode. Ce liquide alcoolique, additionné d'eau ammoniacale, *reste absolument clair : donc il ne contient pas de solanine.*

Le précipité α : il donne la réaction xanthoprotéique de même que la réaction du biuret; il est insoluble dans H_2O, dans les solutions des sels neutres, dans les alcalis et dans les acides étendus. C'est donc une substance albuminoïde et, selon toute probabilité, une substance albuminoïde coagulée. Cela n'a rien d'étonnant, car nous savons qu'en milieu légèrement acide les substances albuminoïdes coagulent par la chaleur même à des températures au-dessous de + 50°.

Ce précipité est bouilli avec de l'alcool à 85 % plusieurs fois de suite. Les liquides alcooliques, obtenus par filtration à chaud, sont réunis et additionnés d'eau ammoniacale : ils restent absolument clairs.

Il n'y avait donc pas de solanine fixée sur le précipité de la substance albuminoïde coagulée.

Quand on a additionné la liqueur alcoolique d'eau ammoniacale sans avoir obtenu de trouble et qu'on laisse le tout au repos *pendant longtemps*, — pendant quinze jours par exemple, — il se forme quelquefois un faible précipité. *Ce précipité est de nature inorganique;* on y trouve des cristaux typiques de phosphate ammoniaco-magnésien, ce qui prouve seulement la présence des sels de magnésie dans les graines de *Nicotiana*.

* * *

Résultat : *Il n'y a pas de solanine dans les graines du Tabac de Grammont et de* Nicotiana macrophylla; *donc l'analyse macrochimique ne confirme point les indications de l'auteur italien.*

Appendice : On pourrait se demander s'il n'y a peut-être pas un alcaloïde quelconque, *inconnu jusqu'ici,* dans les graines de *Nicotiana.* J'ai traité ces graines d'après la méthode de Stas. Sans aucun doute, cette méthode m'a donné de la nicotine, avec son odeur tout à fait typique, mais rien d'autre. Et tous les botanistes, y compris Albo, sont d'accord pour déclarer que cette nicotine provient des débris adhérents à la graine et non des graines mêmes.

Institut botanique, Université de Bruxelles.
Juin 1901.

Sur quelques dérivés fluobromés en C_2 (quatrième communication); par Fréd. Swarts, répétiteur à l'Université de Gand.

Ce travail a eu pour objet l'étude d'un certain nombre de dérivés fluorés obtenus aux dépens du tribrométhane

$$CH_2Br - CHBr_2.$$

Ce dernier se prépare par l'union du brome au bromethylène. L'éthylène monobromé se fait en enlevant de l'acide bromhydrique au bromure d'éthylène par l'action de la potasse alcoolique. Gloeckner (*) recommande de

(*) Gloeckner, *Ann. der Chem. und Pharm.*, Suppl. Band VII, p. 109.

verser en une fois 46 parties de bromure d'éthylène dans une solution refroidie à 0° de 16 parties de potasse dissoutes dans 80 parties d'alcool et de laisser le tout reprendre ensuite la température ambiante.

Je ne suis pas parvenu à réaliser la préparation d'une manière convenable dans ces conditions. Il se dégage, il est vrai, un peu d'éthylène bromé, mais on n'obtient un dégagement régulier que quand on chauffe.

J'ajoute directement un excès de bromure d'éthylène à une solution alcoolique à 20 % de potasse caustique : j'évite de cette manière la production d'acétylène; puis je chauffe lentement jusque 60° dans un ballon muni d'un bon réfrigérant ascendant à boules. Ce réfrigérant doit être parcouru par de l'eau ayant une température supérieure à 17°, sinon il condense l'éthylène bromé. Vers 50° commence un abondant dégagement gazeux. Le bromure de vinyle est lavé dans un flacon laveur renfermant de l'eau à 25° pour retenir l'alcool entraîné, puis dirigé directement dans un appareil à absorption plongé dans de la glace et contenant une quantité suffisante de bromes.

Quand le dégagement gazeux faiblit, je porte le contenu du ballon à l'ébullition jusqu'à ce que la réaction soit complètement terminée; j'ajoute alors une nouvelle quantité de bromure d'éthylène et une quantité correspondante de potasse. Il n'est pas avantageux de mettre en une fois en œuvre de trop grandes quantités de bromure d'éthylène : la réaction devient violente.

On arrive à préparer ainsi un kilogramme de $C_2H_3Br_3$ brut en deux heures.

Le produit brut est lavé à la soude, séché et distillé.

J'ai soumis le tribrométhane à l'action fluorurante du

trifluorure d'antimoine et du brome, en mettant en œuvre 1 molécule de fluorure d'antimoine pour 3 molécules d'éthane tribromé.

La réaction commence à 100°, et après dix heures tout le fluorure d'antimoine a disparu. En raison de sa lenteur relative, la réaction doit s'effectuer dans un appareil en platine. Quand les produits sont bien secs, il n'y a pas de dégagement gazeux. Comme il se forme un liquide très volatil, le refroidissement du réfrigérant doit être énergique.

Quand on distille le produit de la réaction, le thermomètre monte d'emblée à 57°, se maintient longtemps à cette température, s'élève lentement jusque 140°, puis rapidement à 185°. Il se fixe entre 185° et 190°, et monte enfin très vite au-dessus de 270°, température à laquelle distille le tribromure d'antimoine. A ce moment, j'interromps la distillation.

Après avoir lavé successivement au sulfite de sodium, à l'acide tartrique, à la soude et à l'eau, j'ai rectifié le produit brut.

J'obtins ainsi, aux dépens de 267 grammes de bromure de brométhylène et de 60 grammes de fluorure d'antimoine :

34	grammes	passant de	58°	à	62°
21	—	—	62°	à	90°
8	—	—	90°	à	120°
11	—	—	120°	à	140°
13	—	—	140°	à	185°
111	—	—	185°	à	190°

En rectifiant à plusieurs reprises chacune des portions obtenues, je réunis finalement :

51 grammes	d'un liquide	bouillant à	57°,3	
5	—	—	de 57°,3	à 121°
13	—	—	121°	à 122°
5	—	—	122°	à 185°

130 grammes de tribrométhane.

Il se forme donc deux produits de substitution différents par l'action du fluorure d'antimoine et du brome, l'un bouillant à 57°,3, l'autre à 121°.

Le premier est du difluorbrométhane $C_2H_3Fl_2Br$. En effet :

1gr,3029 de substance ont donné 0gr,7810 CO_2,
soit 0gr,2130 C ou 16.35 °/₀,
et 0gr,2454 H_2O, soit 0gr,02726 H ou 2.09 °/₀.

Calculé pour $C_2H_3B_2Fl_2$.		Trouvé.
C	16.53 °/₀	16.35 °/₀
H	2.07 °/₀	2.09 °/₀

Le second produit est du dibromfluoréthane : $C_2H_3Br_2Fl$.

1gr,0733 de substance ont donné 0gr,4618 CO_2,
soit 0gr,1259 C ou 11.71 °/₀,
et 0gr,1545 H_2O, soit 0gr,01716 H ou 1.62 °/₀.

Calculé pour $C_2H_3Br_2Fl$.		Trouvé.
C	11.65 °/₀	11.71 °/₀
H	1.46 °/₀	1.65 °/₀

Donc, dans cette réaction, comme dans celles que j'ai

observées dans l'action du fluorure d'antimoine et du brome sur le tétrabrom- et le tétrachloréthane, il y a deux degrés de substitution fluorée qui se font simultanément, mais l'importance de la substitution bifluorée est ici beaucoup plus grande que dans la formation du dibromdifluoréthane aux dépens du tétrabrométhane. En effet, la production du difluorbrométhane porte sur un nombre de molécules 5.5 fois plus considérable que celui des molécules qui restent du dibromfluoréthane.

Le difluorbrométhane s'obtient en quantité théorique quand on fait réagir 2 molécules de fluorure d'antimoine sur 3 molécules de tribrométhane. Cette transformation se fait le mieux à 100°. A des températures plus élevées, il est difficile de retenir les vapeurs de difluorbrométhane ; au-dessous de 90°, la réaction est beaucoup plus lente. A 100°, elle dure vingt-quatre heures. Le rendement est théorique. Il ne se produit pas de substitution bromée du tribrométhane à cette température.

Le difluorbrométhane est un liquide incolore, très volatil, d'une odeur éthérée agréable. Sa densité de vapeur a été prise à 22° par le procédé d'Hoffmann.

Poids de substance.	Température.	Pression en millimètres de mercure.	Volume en c. c.	Densité.	Poids moléculaire déduit.
0gr,0669	22°,5	140.3	60cc,4	5.015	144.88

Poids moléculaire théorique : 144.73.

Sa densité est de 1.82443 à 18°,5; de 1.83685 à 10°,5. Ses indices de réfraction sont de :

$$n_\alpha = 1.39300$$
$$n_D = 1.39400$$
$$n_H = 1.4047$$

à 10°,5.

Il est très peu soluble dans l'eau; miscible en toutes proportions aux dissolvants organiques. Il se solidifie instantanément dans l'air liquide en une masse cristalline qui fond à — 74°,5.

Les agents oxydants ne l'attaquent guère; je l'ai chauffé pendant huit jours avec une solution d'anhydride chromique sans pouvoir constater la formation de brome.

Le brome réagit sur le difluorbrométhane à la température de 180° en présence du bromure ferrique. J'ai fait agir 1 molécule de brome sur 1 molécule de difluorbrométhane, espérant obtenir du difluordibrométhane. Après quatre jours, le brome a complètement disparu. A l'ouverture des tubes, j'ai constaté un dégagement abondant de fluorure de silicium; le verre était profondément attaqué.

Après lavage du produit à l'eau et dessiccation, j'ai distillé.

A côté de difluorbrométhane inaltéré, je n'ai pu recueillir qu'un liquide distillant avec décomposition vers 225°, bouillant à 135° sous 35 millimètres de pression et qui est du tétrabrométhane. L'action du brome est donc destructive; le verre intervient dans la réaction et celle-ci ne saurait servir à obtenir une bromuration régulière. Le phénomène est du même ordre que celui que j'ai observé dans l'action du chlore sur le dichlordifluoréthane et dans laquelle il se forme de l'hexachloréthane.

Le zinc enlève au difluorbrométhane un atome de brome et un atome de fluor, et il se forme du fluoréthylène C_2H_3Fl.

Pour effectuer cette réaction, j'ai employé un appareil analogue à celui que j'ai décrit pour la préparation du trifluoréthylène aux dépens du trifluordibrométhane (*). J'y introduis au préalable le difluorbrométhane dissous dans deux fois son poids d'alcool et je balaie complètement l'air de l'appareil par un courant d'anhydride carbonique. Le gazomètre servant à recueillir les gaz formés est rempli d'une solution à 10 °/. de soude caustique. Il est mis en communication avec l'appareil quand tout l'air de celui-ci a été expulsé.

Je fais ensuite tomber peu à peu la poussière de zinc dans le difluorbrométhane.

Il ne se produit pas de réaction à froid : à 50°, le dégagement gazeux commence; il est toujours très modéré et régulier. Aussi l'on peut ajouter le zinc par portions assez fortes sans devoir craindre que la réaction devienne tumultueuse. Après quatre heures, l'opération est terminée; pour arriver à ce résultat, il est nécessaire d'employer un assez fort excès de zinc, ce qui ne présente d'ailleurs aucun inconvénient. Le gaz restant dans l'appareil est balayé par un courant lent d'anhydride carbonique, puis conservé dans le gazomètre pendant au moins un jour pour assurer l'absorption de l'anhydride carbonique.

Le produit gazeux est purifié par liquéfaction et redis-

(*) *Sur quelques dérivés fluobromés en C_2* [troisième communication]. (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 3e sér., t. XXXVII, p. 357, 1899.)

tillation. Après un passage sur du chlorure de calcium et de la chaux sodée pour lui enlever l'humidité et les traces d'anhydride carbonique qu'il pourrait encore contenir, il traverse un serpentin refroidi à 40° qui condense les vapeurs de difluorbrométhane entraînées dans la préparation. A sa sortie du serpentin, le gaz est dirigé dans un tube à étranglement plongeant dans un mélange d'anhydride carbonique solide et d'acétone donnant — 80°. La liquéfaction est complète, pourvu que le courant gazeux ne soit pas trop rapide. Le gaz non liquéfié peut d'ailleurs être recueilli dans un deuxième gazomètre.

Le produit liquéfié est ensuite distillé. Je plonge le tube qui le contient dans un mélange de neige carbonique et d'acétone donnant — 70°, et j'ajoute peu à peu de l'acétone à ce mélange jusqu'à ce que l'ébullition commence. Si l'on opère dans un vase de Dewar, la température reste sensiblement constante et l'ébullition continue régulièrement (*).

Les vapeurs sont conduites dans un tube refroidi à — 80°. En répétant deux fois cette opération, j'ai obtenu un liquide bouillant à — 51° sous la pression atmosphérique.

Ce corps est le fluoréthylène, comme le prouvent son analyse et sa densité. Celle-ci a été prise par la méthode de Chancel. Trois déterminations m'ont donné 1.57, 1.61, 1.62. La densité théorique est de 1.59.

(*) Il est bon d'introduire dans le gaz liquéfié encore froid un petit morceau de fil de platine pour assurer une ébullition tranquille.

J'ai effectué la combustion en remplissant de gaz un ballon de Chancel et en déplaçant par de l'air.

0gr,2361 de substance ont donné 0gr,4492 CO_2,
soit 0gr,12251 C ou 51.89 °/₀,
et 0gr,145 H_2O ou 0gr,01561 H ou 6.61 °/₀.

	Calculé pour C_2H_3Fl.	Trouvé.
C	52.09 °/₀	51.89 °/₀
H	6.55 °/₀	6.61 °/₀

Le fluoréthylène est un gaz incolore, inodore, insoluble dans l'eau.

L'alcool en dissout quatre fois, l'acétone 5.5 fois son volume à la température de 20°.

Il ne se solidifie pas dans l'air liquide.

C'est un gaz combustible; il brûle à l'air avec une flamme bordée de vert, en répandant des fumées d'acide fluorhydrique.

Il est aisément absorbé par le brome. Cette combinaison se fait plus rapidement à la lumière solaire. En enlevant ensuite l'excès de brome par le sulfite de sodium, on obtient un liquide incolore qui, séché et rectifié, distille à 121°,5 et constitue du dibromfluoréthane de la formule :

$$CHFlBr — CH_2Br.$$

Sa densité à 10°,5 est de 2.26333. A la même température, ses indices de réfraction sont de :

$$n_\alpha = 1.51235$$
$$n_D = 1.51759$$
$$n_\beta = 1.53278$$

Il cristallise à — 55° et fond à — 54°.

Je reviendrai plus loin sur l'histoire de ce corps.

J'ai fait agir la potasse alcoolique sur le difluorbromméthane.

J'ai mis en œuvre 108 grammes de difluorbromméthane et une quantité équivalente d'une solution deux fois normale de potasse caustique. Comme un essai préliminaire m'avait démontré qu'il se dégageait un gaz, j'ai disposé l'appareil de manière à pouvoir le recueillir. J'ai opéré dans un ballon muni d'un entonnoir à robinet et d'un réfrigérant ascendant. Celui-ci était mis en communication avec un gazomètre, avec interposition d'un tube de Péligot refroidi à — 20° pour assurer une condensation aussi complète que possible du difluorbromméthane entraîné. Avant toute introduction de liquide, je balayai tout l'air de l'appareil par un courant d'anhydride carbonique, puis j'introduisis d'abord le difluorbromméthane dissous dans son poids d'alcool, ensuite, et en une fois, la solution de potasse caustique. Le robinet du gazomètre étant ouvert, je portai le ballon à 60°.

A froid, il n'y a pas de réaction, mais vers 60° il se produit un dégagement gazeux, abondant au début, mais qui faiblit ensuite et se maintient pendant dix-huit heures. Pendant toute la durée de l'opération, la température fut maintenue à 60°. Quand tout dégagement gazeux eut cessé, je balayai l'atmosphère de l'appareil par un courant d'anhydride carbonique. Pour absorber ce dernier, j'avais rempli le gazomètre d'une solution à 10 % de soude caustique.

J'obtins environ 6 litres de gaz non soluble dans la soude.

Dans le ballon distillatoire, il s'était formé un précipité très abondant de bromure de potassium. Le verre était

légèrement corrodé et le contenu du ballon avait une réaction acide.

J'ai distillé au bain de glycérine jusqu'à sec, pour séparer les sels de potassium formés. Le produit fut ensuite soigneusement rectifié. L'ébullition commença à 55°; le thermomètre se fixe quelque temps à 57°, s'élève ensuite lentement à 62°, puis rapidement jusque 78°. A ce moment, je changeai de récipient et j'achevai la distillation qui se termina sans que le thermomètre dépassât 79°.

La première portion fut précipitée par une saumure à 20 %. J'obtins ainsi un liquide plus léger que la saumure, mais plus dense que l'eau. Ce produit fut lavé plusieurs fois à l'eau salée, séché sur du chlorure de calcium et rectifié. La distillation donna d'abord une petite quantité de bromdifluoréthane bouillant à 57°, puis le thermomètre monta à 62° et s'établit entre 62° et 66°. Ce qui passait entre ces limites de température fut rectifié à nouveau et me donna finalement un corps bouillant de 65° à 67°, qui fut soumis à l'analyse.

Les résultats que j'obtins ne furent pas satisfaisants. Les teneurs en carbone et hydrogène se rapprochaient de celles de l'éther difluoré, dont la formation était d'ailleurs probable, mais n'atteignaient pas la précision désirable.

Les quantités de carbone et d'hydrogène étaient trop faibles; de plus, le produit contenait une petite proportion de brome.

Je l'ai soumis à une nouvelle ébullition avec une solution alcoolique de potasse, pour détruire le bromdifluoréthane inaltéré, dont la séparation complète par distillation est impossible. Une nouvelle précipitation

par l'eau, suivie de dessiccation et rectification, me fournit un produit plus pur. Mais tous ces traitements font perdre une notable portion de la substance; d'autant plus que le difluoréther est assez soluble dans l'eau.

C'est sur cette solubilité dans l'eau que je me suis appuyé pour achever la purification. En traitant par une grande quantité d'eau, je parvins à dissoudre le difluoréther; la solution aqueuse fut alors précipitée par addition successive de chlorure de calcium. Malheureusement, ce procédé n'est pas encore parfait, car le difluorbrométhane est un peu soluble dans l'eau et reprécipite en même temps que le difluoréther quand on ajoute du chlorure de calcium à la solution aqueuse.

Aussi je ne suis pas parvenu à obtenir un produit d'une pureté irréprochable. L'échantillon le plus pur que j'ai eu entre les mains bouillait entre 66°,3 et 66°,7, et m'a donné à l'analyse les résultats suivants :

0gr,5451 de substance ont donné 0gr,5421 CO_2,
soit 0gr,1478 C ou 42.80 °/₀,
et 0gr,2331 H_2O, soit 0gr,0259 H ou 7.50 °/₀.

Calculé pour $C_2H_3Fl_2 - O - C_2H_3$.		Trouvé.
C	43.56 °/₀	42.80 °/₀
H	7.28 °/₀	7.50 °/₀

Toutes les opérations nécessaires à la purification sont causes d'un rendement bien médiocre. Cent huit grammes de difluorbrométhane donnent 35 grammes de produit brut et 7 grammes seulement de produit presque pur.

L'alcoolate de sodium réagit de la même manière en

donnant sensiblement les mêmes rendements relatifs en gaz et en difluoréther. La réaction demande aussi l'intervention de la chaleur; elle est effectuée aux $^9/_{10}$ après un jour et complète après quarante-huit heures.

Le gaz qui se produit en même temps dans la réaction du difluorbrométhane sur la potasse alcoolique est le difluoréthylène.

J'ai d'abord essayé de le purifier par liquéfaction en le refroidissant à — 80° dans la neige carbonique et l'acétone; mais il ne se liquéfie que très imparfaitement à la température de ce mélange. Après avoir fait passer 5 litres de gaz à travers le tube à liquéfaction, je ne suis parvenu à condenser que $^1/_2$ centimètre cube de liquide; la température de liquéfaction doit donc être voisine de — 70°.

Pour purifier le gaz, je l'ai fait passer lentement à travers des appareils dessiccateurs contenant du chlorure de calcium et de la potasse fondue, puis je lui ai fait traverser un serpentin refroidi à — 50° pour condenser le difluorbrométhane qu'il eût pu contenir. Quand l'air eut été balayé complètement de l'appareil, ce que je reconnus à ce que le gaz sortant était complètement soluble dans l'alcool, je dirigeai le difluoréthylène dans un gazomètre de Bunsen. Celui-ci avait été relié au reste de l'appareil par des tubes capillaires complètement remplis de mercure au préalable.

Le gazomètre contenait quelques morceaux de potasse fondue pour absorber les dernières traces d'anhydride carbonique.

Après avoir laissé séjourner le gaz pendant quelques jours dans le gazomètre, je procédai à son analyse. Je

l'introduisis dans un ballon de Chancel dont je le déplaçai par du mercure.

0gr,5606 de substance m'ont donné 0gr,5185 CO_2,
soit 0gr,1414 C ou 37.15 %,
et 0gr,1148 H_2O, soit 0gr,1275 C ou 3.35 %.

	Calculé pour $C_2H_2Fl_2$.	Trouvé.
C	37.41 %	37.15 %
H	3.12 %	3.35 %

Deux déterminations de densité, faites par la méthode de Chancel, m'ont donné 2.209 et 2.211 comme résultat; moyenne : 2.21, correspondant au poids moléculaire de 63.84. Le poids moléculaire théorique est 63.9. Densité : 2.213.

Le rendement relatif en difluoréthylène est nécessairement influencé par la formation simultanée de l'éther difluoré. La réaction est d'ailleurs encore plus complexe. En analysant le produit salin de la réaction, j'ai reconnu que 91.5 % de la quantité de potasse étaient transformés en bromure de potassium, le surplus étant passé à l'état de fluorure et de fluosilicate. Comme toute la potasse avait disparu, il aurait fallu que la transformation du difluorbrométhane fût complète. Cependant j'ai trouvé une certaine proportion de ce corps inaltérée. Il faut donc que la potasse ait porté son action sur l'éther difluoré pour le transformer en un éther vinylique.

J'ai dit plus haut que l'appareil était corrodé. Il y a donc eu formation d'acide fluorhydrique, peut-être aux dépens de l'alcool et de l'éther difluoré. Ces réactions secondaires amènent la production de corps à points

d'ébullition très voisins de celui du difluoréther et qui rendent sa purification très difficile, mais ils ne se forment pas en quantité suffisante pour que j'aie pu les isoler.

Le difluoréthylène est un gaz incolore, inodore, insoluble dans l'eau. L'alcool en dissout 1 $^1/_2$ fois son volume à la température de 18°. La solubilité est à peu près la même dans le chloroforme. Il se solidifie en flocons d'aspect neigeux quand on le dirige dans un tube plongeant dans l'air liquide.

Il ne s'oxyde pas à l'air; j'ai pu conserver, pendant plusieurs mois, dans une burette à gaz, un mélange de 2 volumes de difluoréthylène avec 1 volume d'oxygène sans observer de changements de volume. La présence de l'eau n'a aucune influence, pas plus que l'insolation.

Le difluoréthylène ne se polymérise pas : j'ai soumis $^1/_2$ centimètre cube de gaz liquéfié à l'action prolongée de la lumière solaire sans pouvoir constater la formation d'un polymère.

Le difluoréthylène se combine facilement au brome; il suffit de le faire barboter dans un tube de Liebig contenant du brome pour qu'il soit totalement absorbé. Il est cependant nécessaire de faire arriver très lentement le courant de gaz. L'absorption est sensiblement accélérée par l'insolation. En enlevant l'excès de brome par une solution alcaline de sulfite de sodium, j'ai obtenu un liquide très dense, qui, séché et distillé, bout entre 90° et 97°. En rectifiant, j'ai séparé un corps à point d'ébullition absolument constant de 93°. Vingt-deux grammes de produit brut donnent 20 grammes de substance pure.

L'analyse m'a donné les résultats suivants :

0gr,6611 de substance ont fourni 0gr,2576 CO_2,
soit 0gr,7025 C ou 10.62 °/o,
et 0gr,0651 H_2O ou 0gr,00701 H ou 1.05 °/o.

Calculé pour $C_2H_2Br_2Fl_2$.		Trouvé.
C	10.71 °/o	10.62 °/o
H	0.89 °/o	1.05 °/o

Le dibromdifluoréthane que j'obtiens ainsi est un isomère du dibromdifluoréthane $CHBr_2$-$CHFl_2$ que j'ai décrit dans mon premier travail sur les dérivés fluobromés en C (1) et dont le point d'ébullition, égal à 107°,5, est de 14°,5 plus élevé que celui du produit que je décris en ce moment. Je désignerai provisoirement le nouveau corps sous le symbole d'α - dibromdifluoréthane.

C'est un liquide incolore, insoluble dans l'eau, d'une odeur agréable; sa densité est de 2.24228 à 12°,2. Ses indices de réfraction à la même température sont de :

$$n_\alpha = 1.44957$$
$$n_D = 1.45249$$
$$n_H = 1.46555$$

Il se solidifie à — 58° et fond à — 56°,5, tandis que $CHBr_2$-$CHFl_2$ se solidifie à — 73° et fond à — 71°,5.

---

(1) *Sur quelques dérivés fluobromés en C_1* [première communication]. (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 3e sér., t. XXXIII, 1897.)

La densité de vapeur a été prise à 100°.

Poids de substance.	Température.	Pression en millimètres de mercure.	Volume en c c.	Densité.	Poids moléculaire déduit.
0gr,0947	100°	174.5	56cc,7	7.71	222.7

Poids moléculaire théorique : 223.5.

Le rendement en difluoréthylène est nécessairement influencé par la production simultanée de l'éther difluoré. J'ai cherché à obtenir ce gaz en quantité théorique en employant comme moyen de soustraction de l'acide bromhydrique un mélange d'acétate de potassium et de carbonate de soude; mais ce mélange, qui convient si bien pour préparer le dibrométhylène aux dépens du tribrométhane, est sans action sur le difluorbrométhane.

J'ai essayé l'action d'autres alcoolates et j'ai reconnu que la quantité relative de difluoréthylène est d'autant plus grande que l'alcoolate dérive d'un alcool plus riche en carbone. La rapidité de la réaction croît également avec la richesse en carbone de l'alcoolate.

Avec le méthylate de sodium, le rendement est de 26 °/.
— l'éthylate — — 32 °/.
— le propylate — — 40 °/. (envon)
— l'amylate — — 61 °/.

Il se forme en même temps un éther difluoré.

Au point de vue de la préparation du difluoréthylène, on préférera donc l'amylate de sodium; il est avantageux d'employer les alcoolates secs.

L'éther éthyldifluoréthylique $C_2H_3Fl_2 - O - C_2H_5$ est un liquide incolore, très volatil, ayant l'odeur de l'éther éthylique. Il ne fume pas à l'air comme l'éther dichloré; sa densité à 15° est de 1.039. Il est assez soluble dans l'eau.

La soude caustique l'attaque lentement à chaud avec production d'un composé vinylique que je n'ai pas étudié. Le brome est sans action sur lui à froid.

Sa densité de vapeur est normale, comme le prouvent les données suivantes :

Poids de substance.	Température.	Pression en millimètres de mercure.	Volume en c. c.	Densité.	Poids moléculaire déduit.
0gr,0508	17°	99.5	81cc,5	3.80	109.7

L'acide nitrique, de densité 1.35, l'oxyde lentement; l'acide nitrique pur (D = 1.52) le détruit avec violence.

Chauffé au reflux avec du bichromate de potassium et de l'acide sulfurique étendu, il s'oxyde aussi lentement. Dans tous ces phénomènes d'oxydation, il n'y a pas production d'acide fluorhydrique.

L'éther méthyldifluoréthylique $C_2H_3Fl_2 - OCH_3$ bout

à 47°. Sa purification est également très difficile. Je l'ai identifié par la mesure de sa densité de vapeur.

Poids de substance.	Température.	Pression en millimètres de mercure.	Volume en c. c.	Densité.	Poids moléculaire déduit.
0gr,1281	100°	254.1	115cc,3	3.35	96.5

Il est plus soluble dans l'eau que l'éther difluoréthyl-éthylique : 100 volumes d'eau en dissolvent 5 volumes; la potasse solide le sépare de sa solution aqueuse.

L'éther difluoréthylpropylique bout à 89°.

Je ne suis pas parvenu à isoler l'éther difluoréthyl-amylique; je n'ai pas réussi à le séparer de l'alcool amylique dont il doit posséder à peu près le point d'ébullition.

Ces éthers se laissent tous oxyder : cette réaction m'a permis d'établir la constitution du chaînon $C_2H_3Fl_2$.

Trois groupements sont, en effet, possibles :

I.	II.	III.
$CH_3 — CFl_2 —$	$CHFl_2 — CH_2 —$	$CH_2Fl — CHFl —$

Nous pouvons immédiatement rejeter le premier, car le difluorbrométhane devrait avoir la formule :

$$CH_3 — CBrFl_2,$$

ce qui est impossible, étant donnée sa genèse aux dépens du tribrométhane

$$CH_2Br - CHBr_2.$$

L'oxydation des éthers doit donner de l'acide difluoracétique si le difluoréthyle a la constitution (II) de l'acide fluoracétique, et de l'acide fluorhydrique s'il est représenté par la formule (III).

J'ai d'abord essayé l'oxydation de l'éther difluoréthyléthylique.

L'acide nitrique, de densité 1.35, l'oxyde très régulièrement à froid et l'éther disparaît après quelques jours quand on le traite par six fois son poids d'acide nitrique de cette concentration. Malheureusement, il n'est guère pratique de séparer les produits qui se forment. Il se produit, en effet, de l'acide acétique et un acide fluoré qu'il n'est pas possible de séparer l'un de l'autre, ni même de l'acide nitrique, qu'il faut employer en excès, soit par distillation, soit par cristallisation. Je n'ai pas mieux réussi en transformant les acides ou sels de potassium ou de baryum : l'acétate de baryum ou de potassium ne se laissent pas séparer convenablement des sels de l'acide fluoré.

Après plusieurs essais infructueux, j'ai renoncé à l'oxydation de l'éther difluoréthyléthylique et j'ai porté mes recherches sur l'éther difluoréthylméthylique.

J'ai obtenu des résultats beaucoup plus satisfaisants, le chaînon méthylique étant complètement détruit avec formation d'anhydride carbonique.

Le meilleur oxydant est l'acide chromique ; quand on emploie l'acide nitrique, il est difficile de le séparer parfaitement de l'acide fluoré formé. On chauffe au reflux

pendant huit jours à 60° avec une quantité calculée de bichromate de potassium et d'acide sulfurique étendu.

Après une semaine, l'éther a disparu et le dégagement d'anhydride carbonique cesse. C'est à l'arrêt de cette production d'anhydride carbonique, contrôlée à l'aide d'un tube à eau de baryte, que l'on juge de la fin de l'opération. Il ne se dégage pas d'acide fluorhydrique.

Le produit est distillé dans le vide, d'abord au bain-marie, puis au bain de sable, jusqu'à siccité.

Le liquide distillé possède une réaction acide très prononcée. Le sel de potassium de l'acide formé étant trop soluble pour se prêter à une purification facile, j'ai préféré préparer le sel de baryum. Je neutralise donc exactement par le carbonate de baryum et j'évapore ensuite dans le vide.

Il se forme une masse cristalline d'aiguilles disposées en étoile, mais qui n'apparaissent que quand l'évaporation de l'eau est à peu près complète.

Je reprends par l'alcool à 80° qui dissout les cristaux. La solution évaporée dans le vide jusqu'à commencement de cristallisation est précipitée par dix fois son volume d'acétone. La majeure partie du sel se précipite en une masse huileuse qui se prend en cristaux après quelques minutes. En même temps apparaissent des paillettes cristallines dans le liquide. Les cristaux formés sont essorés à la trompe, lavés à l'éther et séchés dans le vide.

Un dosage de baryum m'a donné les résultats suivants :

0gr,5936 de substance m'ont donné 0gr,2802 de $BaSO_4$,
soit 0gr,1648 Ba ou 41.87 %.

Un autre échantillon fut séché à 120° pour enlever éventuellement l'eau de cristallisation qu'il eût pu contenir. La teneur en baryum n'a pas changé.

$0^{gr},4058$ de substance m'ont donné $0^{gr},2880$ $BaSO_4$,
soit $0^{gr},1694$ Ba ou 41.84 °/₀.

Le sel est donc anhydre.

Cette teneur en baryum est celle du difluoracétate de baryum $(CFl_2H - CO_2)_2Ba$ qui contiendrait

Calculé.	Trouvé.
Ba : 41.85 °/₀	41.87 °/₀ - 41.84 °/₀

Le difluoracétate de baryum est très soluble dans l'eau, mais non déliquescent. Il est presque insoluble dans l'alcool absolu; assez soluble dans l'alcool à 80°. L'éther et l'acétone le précipitent de cette solution en masse huileuse, laquelle est probablement une solution aqueuse sursaturée, qui se prend rapidement en cristaux.

Il se décompose à une température élevée en donnant un résidu de fluorure de baryum.

L'éther difluoréthylméthylique a donc pour formule

$$CHFl_2O - CH_3.$$

S'il avait la constitution

$$CH_2Fl - CHFl - O - CH_3,$$

il aurait dû donner par oxydation de l'acide fluoracétique et de l'acide fluorhydrique. Or j'ai déjà dit plus haut qu'il ne se produit pas d'acide fluorhydrique dans l'oxydation.

Il en résulte que le difluorbrométhane a pour formule

$$CHFl_2 — CH_2Br,$$

la substitution fluorée ayant porté sur les deux atomes de brome fixés au même atome de carbone. Ce fait était d'ailleurs à prévoir.

Dans mes précédentes recherches, j'ai, en effet, eu l'occasion de reconnaître que la substitution bifluorée par le fluorure d'antimoine et le brome se fait généralement aux dépens de deux atomes de brome voisins, et que ce mélange fluorurant est sans action sur les chaînons *hydrocarbonés* monohalogénés.

Le difluoréthylène est donc dissymétrique et a pour formule

$$CFl_2 = CH_2.$$

Notons en passant qu'il est assez étrange que ce corps ne possède pas les allures des éthylènes bihalogénés dissymétriques qui se polymérisent si aisément et absorbent très facilement l'oxygène. Je rappellerai les travaux de Demole (*).

L'α-dibromdifluoréthane a donc pour formule

$$CFl_2Br — CH_2Br.$$

J'ai soumis le difluorbrométhane à l'action de l'iodure de calcium sec (**), à l'effet de voir lequel des deux halogènes serait remplacé par l'iode.

(*) Demole, *Berichte der deutsche chemische Gesellsch.*, Bd XI, p. 316.

(**) L'iodure de calcium a été préparé par le procédé de Pettenkofer. 31 grammes de phosphore blanc ont été fondus sous un litre d'eau chaude ; on ajoute ensuite de l'iode par petites portions, tant que le

J'ai dissous 50 grammes d'iodure de calcium dans deux fois leur poids d'alcool.

A cette solution, j'ai ajouté 49 grammes, soit une quantité équivalente de difluorbrométhane. A froid, il ne se produit aucune réaction. Le mélange fut chauffé en tubes scellés à 110°. Trois jours de chauffe furent suffisants pour transformer complètement l'iodure de calcium. Le contenu des tubes, fortement colorés, renfermait un léger précipité qui fut filtré et lavé.

La solution filtrée fut additionnée de 200 centimètres cubes d'eau, ce qui amena la précipitation d'un liquide très dense. J'ai distillé au bain de vapeur sans avoir séparé l'eau du liquide insoluble. Ce dernier passe, entraîné par la vapeur d'eau et d'alcool, à 71°. Il est assez fortement coloré par de l'iode. J'ai poursuivi la distillation jusqu'à qu'il ne distillât plus de liquide insoluble dans l'eau.

J'ai précipité complètement par l'eau le produit de la réaction; le liquide très dense qui fut ainsi séparé fut décoloré au sulfite de soude, séché sur du chlorure de calcium et rectifié.

---

liquide se décolore. On filtre et l'on neutralise par de la chaux. Il se précipite du phosphate de calcium. Après filtration à la trompe, l'excès de chaux est neutralisé exactement par une petite portion de la solution acide que l'on avait distillée dans le vide pour obtenir une solution d'acide iodhydrique. La solution d'iodure de calcium est distillée dans le vide jusqu'à cristallisation complète de l'iodure de calcium. Celui-ci est alors chauffé jusqu'au rouge dans une cornue en platine, dans laquelle on fait circuler un courant d'hydrogène. On obtient ainsi une masse fondue qui est introduite encore chaude dans un exsiccateur et qui constitue de l'iodure de calcium pur.

La distillation fournit d'abord un peu de difluorbrométhane; le thermomètre monte ensuite rapidement à 75° et s'élève graduellement à 90° sans dépasser cette température. La distillation s'effectue sans donner de résidu.

En rectifiant une deuxième fois, j'ai obtenu un liquide complètement incolore, distillant sans trace de décomposition à 89°,5. C'est du difluoriodéthane.

1gr,0001 de substance m'ont donné 0gr,4586 CO_2,
soit 0gr,1251 C ou 12.50 %,
et 0gr,1421 H_2O ou 0gr,0157 H ou 1.57 %.

	Calculé pour $C_2H_3IFl_2$.	Trouvé.
C	12.53 %	12.50 %
H	1.57 %	1.57 %

Quarante-neuf grammes de difluorbrométhane m'ont fourni 59 grammes de produit brut et 39gr,5 de difluoriodéthane pur.

Le précipité qui s'était formé dans la réaction était constitué de fluorure de calcium; il pesait 0gr,08. Cette quantité est insignifiante : elle représente 0gr,3 d'iodure de calcium transformé, soit 0.6 %. S'il se produit donc une substitution du fluor par l'iode, cette réaction est négligeable. Peut-être la formation du fluorure de calcium est-elle due à ce que, quand on scelle le tube, il se produit toujours un peu d'acide fluorhydrique dû à la décomposition de la vapeur de difluorbrométhane.

La substitution iodée, qui porte sur le brome plutôt que sur le fluor, nous donne une idée de la grandeur de l'affinité du fluor pour le carbone.

La chaleur de formation

de l'iodure de calcium	est de	118.6	calories
du bromure de calcium	—	151.6	—
du fluorure de calcium	—	219.6	—

à l'état solide.

Il y aurait donc, si un atome de fluor était remplacé par de l'iode, un gain de $\frac{219.6 - 118.6}{2} = 50.5$ calories; la formation du bromure de calcium n'entraîne dans les mêmes conditions qu'un dégagement de $\frac{151.6 - 118.6}{2} = 16.5$ calories du chef seul de la formation du sel de calcium. Il y a donc une différence de 34 calories en faveur de la formation du fluorure de calcium.

Il est vrai que nous devrions tenir compte des chaleurs de dissolution du bromure et de l'iodure de calcium dans l'alcoòl, ainsi que de la chaleur de précipitation du fluorure de calcium. Ces grandeurs thermiques ne me sont pas connues. Mais il n'en est pas moins vrai qu'il existe en faveur de la formation du fluorure de calcium une différence thermique très considérable (*). C'est néanmoins le bromure de calcium qui se forme. Nous pouvons donc admettre que la chaleur de fixation du fluor sur le carbone est supérieure d'environ 30 calories à celle du brome. Comme celui-ci développe, d'après Thomson (**), 5.9 calories en se combinant au carbone,

(*) Si nous admettions que la chaleur de dissolution des bromure et iodure de calcium dans l'alcool soit aussi grande que dans l'eau, ce qui est peu probable, la chaleur dégagée par la transformation de l'iodure en bromure serait de 15 calories, par la formation du fluorure de $\frac{74}{2} = 37$ calories, soit encore une différence de 22 calories en faveur de la formation du fluorure de calcium.

(**) THOMSON. *Thermochemische Untersuchungen*, Bd IV, p. 287.

la chaleur d'union d'un atome de fluor au carbone doit être d'au moins 35 calories. Il ne faut pas oublier en outre que la formation du fluorure de calcium serait favorisée par son insolubilité, car en solution alcoolique il y a ionisation de l'iodure de calcium.

Je me propose d'étendre l'étude de cette réaction à d'autres combinaisons halogénées mixtes.

Le difluoriodéthane est un liquide incolore, beaucoup moins altérable à la lumière que l'iodure d'éthyle; la présence du fluor augmente donc la stabilité de l'angle iodé.

Sa densité à 12°,2 est de 2.24328. Ses indices de réfraction à la même température sont de

$$n_\alpha = 1.46453$$
$$n_D = 1.46807$$
$$n_H = 1.48467$$

Une détermination de sa densité de vapeur m'a donné :

Poids de substance.	Température.	Pression en millimètres de mercure.	Volume en c. c.	Densité.	Poids moléculaire déduit.
0gr,0755	100°	174.9	55cc	6.57	189.8

Je compte que l'étude du difluoriodéthane me conduira à des résultats intéressants. J'ai déjà pu reconnaître que

l'iode s'y laisse assez aisément substituer. J'ai obtenu de l'iodure d'argent par l'action d'une solution alcoolique de nitrate d'argent. L'eau surchauffée donne de l'acide iodhydrique. J'espère arriver par cette voie aux alcools fluorés. Je ne suis pas encore parvenu à isoler les corps qui se forment. Il doit se produire de l'alcool difluoré, mais cette substance doit avoir un point d'ébullition voisin de celui de l'alcool ; en outre, il est soluble dans l'eau et se laisse entraîner par elle à la distillation.

Le difluoriodéthane est oxydé par l'acide nitrique, surtout à chaud. Assez lente avec de l'acide de densité 1.48, l'oxydation devient rapide et violente avec de l'acide pur de densité 1.52 (Valentiner). Il y a mise en liberté d'iode qui passe rapidement à l'état d'acide iodique si l'on emploie de l'acide nitrique au maximum de concentration.

J'ai chauffé dans une expérience 6gr,5 de difluoriodéthane avec 30 grammes d'acide de densité 1.48, dans un appareil à reflux, à la température de 80°. Après seize heures, il s'était formé 3gr,2 d'iode, soit 75 % de la quantité théorique. Après séparation de l'iode cristallisé, une nouvelle chauffe pendant deux jours ne m'a plus donné que 0gr,1 d'iode. Cependant tout le difluoriodéthane avait disparu. J'ai reconnu que le reste de l'iode avait passé à l'état d'acide iodique.

Il se produit de l'acide difluoracétique dans cette réaction. En effet j'ai pu, par neutralisation à l'aide du carbonate de baryum et séparation du nitrate et de l'iodate de baryum par cristallisations répétées de l'alcool suivies de précipitations fractionnées par l'éther, obtenir une certaine quantité de difluoracétate de baryum. Seulement ce n'est pas un procédé économique d'obtention de l'acide difluoracétique.

Le dibromfluoréthane est le deuxième produit de l'action du fluorure d'antimoine et du brome sur le tribrométhane. Comme la proportion qui s'en forme est peu importante, je n'ai pas pu me livrer sur ce corps à des recherches aussi étendues que sur le difluorbrométhane.

Il est identique au produit par l'action du fluoréthylène sur le brome, dont il possède toutes les constantes physiques. Sa constitution est donc représentée par la formule

$$CH_2Br — CBrFlH.$$

La densité de vapeur a été prise à 100°. J'ai trouvé :

Poids de substance.	Température.	Pression en millimètres de mercure.	Volume en c. c.	Densité.	Poids moléculaire déduit.
0gr,0803	100°	155.3	59cc,5	7	202.2

Le zinc réagit beaucoup plus énergiquement sur lui que sur le difluorbrométhane. J'ai mis en œuvre 16 grammes de dibromfluoréthane dissous dans 30 grammes d'alcool. L'appareil employé est le même que celui que j'ai utilisé pour la réduction du difluorbrométhane; il fut rempli au préalable d'anhydride carbonique. J'y ai introduit le zinc par petites portions. Il se produit à froid une réaction vive; le liquide peut même passer à l'ébullition

et il se dégage un gaz que j'ai pu identifier avec le fluoréthylène. Il ne se produit que du bromure de zinc.

Un mélange d'acétate et de carbonate de potassium décompose le dibromfluoréthane en présence de l'alcool avec production de bromfluoréthylène.

J'ai opéré dans un appareil à reflux rempli au préalable d'anhydride carbonique et dans lequel j'ai introduit 35 grammes de dibromfluoréthane, 35 grammes d'acétate de potassium et 13 grammes de carbonate, et j'ai chauffé au reflux à 60°.

Le réfrigérant ascendant était relié à un tube en U refroidi à 0°, contenant de l'alcool, pour condenser les vapeurs entraînées, puis à un tube à boule dont l'extrémité plongeait dans l'eau. La capacité de la boule était supérieure à celle de tout l'appareil. Cette disposition empêchait la rentrée éventuelle de l'air et permettait de conserver une atmosphère inerte. Il ne se dégage pas de gaz.

Après seize heures de chauffe, la réaction étant déterminée, j'ai ajouté 150 centimètres cubes d'eau et j'ai distillé dans une atmosphère d'anhydride carbonique. La distillation commença à 65° et le thermomètre s'éleva lentement jusque 79°. Les premières portions du distillat précipitaient abondamment par l'eau. J'ai poursuivi la distillation jusqu'à ce qu'une prise d'essai ne donnât plus de trouble par l'addition d'eau.

Le liquide séparé par l'eau fut lavé à plusieurs reprises à l'eau glacée, séché sur du chlorure de calcium et rectifié dans une atmosphère d'anhydride carbonique. Il distille entre 30° et 35°; la condensation doit se faire dans un tube en U à robinet refroidi dans de la glace, car le produit est extrêmement volatil.

La combustion a été faite par entraînement à l'aide d'un courant d'azote, remplacé par de l'air quand tout le produit eut été volatilisé.

0gr,5922 de substance ont donné 0gr,4202 CO_2,
soit 0gr,1151 C ou 19.31 %,
et 0gr,099 H_2O ou 0gr,011 H, soit 1.85 %.

Calculé pour C_2H_3BrFl.		Trouvé.
C	19.20 %	19.31 %
H	1.60 %	1.85 %

Le bromfluoréthylène que j'ai obtenu a pour constitution

$$CH_2 = CBrFl.$$

En effet, il diffère complètement du bromfluoréthylène que j'ai décrit précédemment (1) et qui a la formule

$$CHBr = CHFl.$$

Ce dernier ne se polymérise pas, ne s'oxyde pas à l'air, tandis que le bromfluoréthylène obtenu aux dépens du dibromfluoréthane possède les propriétés caractéristiques des éthylènes bisubstitués dissymétriques. Il s'oxyde avec une grande facilité au contact de l'air et se polymérise aisément en donnant naissance à un composé solide. Aussi doit-on le manier constamment dans

(1) F. Swarts, *Sur quelques dérivés fluobromés en* C_2 [première communication]. (Bull. de l'Acad. roy. de Belgique, 3e sér., t. XXXIII, p. 456, 1897.)

une atmosphère d'anhydride carbonique. Refroidi dans de l'air liquide, il devient pâteux, puis prend l'aspect d'une masse gommeuse, sans présenter de point de fusion bien défini, tandis que le fluorbrométhylène symétrique cristallise très bien et fond vers — 130°.

La minime quantité de produit que j'ai obtenue ne m'a pas permis d'en poursuivre plus loin l'étude. Le rendement est, en effet, très mauvais, à cause des difficultés de la manipulation et de l'altération à l'air.

OUVRAGES PRÉSENTÉS.

Lancaster (*Albert*). Résumé des observations météorologiques faites à l'Observatoire royal de Belgique pendant les années 1899 et 1900. Bruxelles; 2 extr. in-12.

— Le climat de la Belgique en 1898 et en 1899. Bruxelles; 2 extr. in-12.

— La population de l'Europe. Le mouvement de la population dans l'agglomération bruxelloise depuis 1830. Bruxelles, 1900; extr. in-12.

— La direction du vent à Bruxelles d'après cinquante années d'observation. Bruxelles, 1900; extr. in-12.

— Données météorologiques recueillies à l'Observatoire royal de Belgique de 1833 à 1900. Éphémérides météorologiques et naturelles. Bruxelles, 1901; in-12.

— Les tremblements de terre en Belgique. Bruxelles, 1901; extr. in-12.

— Le climat de l'Ardenne. Bruxelles, 1901; extr. in-8°.

Dierckx (*Fr.*). Les glandes pygidiennes des coléoptères, 2d mémoire. Louvain, 1901; extr. gr. in-8° (54 p. et 3 pl.).

Zunz (*E.*). A propos d'une nouvelle méthode de recherche du sucre dans l'urine. Bruxelles, 1901; extr. in-8° (8 p.).

— La diazo-réaction d'Ehrlich. Bruxelles, 1901; extr. in-8° (25 p.).

— De la séparation des albuminoïdes par l'emploi des sels. Bruxelles, 1901; extr. in-8° (24 p.).

Longrée (*A. de*). Le soleil et son influence magnétique sur les planètes. Extr. in-8° (4 p.).

Dubois (*Alph.*). Le baron Edmond de Selys Longchamps. Paris, 1901; extr. in-8° (6 p., portrait).

Schuyten (*M.-C.*). Paedologisch jaarboek, 2de jaargang, 1901. Anvers; in-8°.

Slosse (*A.*). Note sur la détermination quantitative du glycogène. Bruxelles, 1901; extr. in-8° (15 p.).

Bruxelles. *Club alpin belge.* Bulletin, n° 26. 1901.

État Indépendant du Congo. Mission scientifique du Ka-Tanga : Résultats des observations astronomiques, magnétiques et altimétriques effectuées sur le territoire de l'État Indépendant, par le capitaine Charles Lemaire, 3e et 4e mémoires. Bruxelles, 1901; in-4°.

— Annales du Musée du Congo. Botanique : Reliquiae Dewevreanae ou énumération systématique des plantes récoltées par Alfr. Dewevre en 1895-1896 dans l'État Indépendant du Congo, tome I, 1er fascicule (De Wildeman et Durand). 1901; in-4°.

—

Allemagne.

Cassel. *Verein für Naturkunde.* Abhandlungen und Bericht, XLVI, 1900-1901.

Königsberg. *Physikalisch-ökonomische Gesellschaft. Schriften*, 41. Jahrgang, 1900; in-4°.

Charlottenbourg. *Physikalisch-technische Reichsanstalt.* Die Thätigkeit im Jahre 1901.

—

États-Unis.

Washington. *U. S. Department of agriculture.* Yearbook, 1900.

Indianapolis. *Department of geology and natural resources,* 25th annual report, 1900.

Grande-Bretagne et Colonies.

Londres. *Entomological Society.* Transactions, 1900.

Oxford. *Observatory.* Meteorological observations, vol. XLVIII, 1901.

Le Cap. *Philosophical Society.* Transactions, volume XII. 1901.

Brisbane. *R. Society of Queensland.* Proceedings, volume XVI, 1901.

Italie.

Acireale. *R. Accademia di scienze, lettere ed arti.* Atti e rendiconti, 1899-1900.

Mantoue. *R. Accademia virgiliana.* Atti e memorie, 1899-1900.

Brescia. *Ateneo.* Commentari per 1900.

Naples. *R. Accademia di scienze morali.* Atti, volume XXXII, 1901.

— *R. Istituto d'incoraggiamento.* Atti, 5a serie II. 1901; in-4°.

Palerme. *R. Accademia di scienze, lettere ed arti.* Bullettino, anni 1894-1898. Atti, volume V, 1899. In-4°.

Pays-Bas et colonies.

Utrecht. *Genootschap van Kunsten en Wetenschappen.* Aanteekeningen en verslag voor 1900.

Batavia. *Kon. Observatorium.* Regenwaarnemingen in Nederlandsch-Indië, 1899. — Observations, vol. XXII, 1899, part 1.

La Haye. *Gouvernement néerlandais.* Die Triangulation von Java, 6. Abtheilung. 1900; in-4°.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1901. — N° 8.

Séance du 5 août 1901.

M. Jos. De Tilly, directeur.

M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Éd. Van Beneden, *vice-directeur;* G. Dewalque, Éd. Dupont, C. Malaise, F. Folie, Ch. Van Bambeke, G. Van der Mensbrugghe, W. Spring, Louis Henry, M. Mourlon, P. De Heen, C. Le Paige, Ch. Lagrange, F. Terby, Léon Fredericq, J.-B. Masius, J. Neuberg, A. Lancaster, L. Errera, *membres;* Julien Fraipont, Pol. Francotte et Émile Laurent, *correspondants.*

M. Mansion, s'excuse de ne pouvoir assister à la séance.

CORRESPONDANCE.

—

La Classe des sciences prend notification de la mort du baron Henri de Lacaze-Duthiers, associé de la Section des sciences naturelles, né à Montpezat (Lot-et-Garonne) en 1821, décédé le 21 juillet dernier, dans sa propriété du Département de la Dordogne.

M. le Secrétaire perpétuel fait savoir en même temps que, sur l'invitation de la Classe, il avait sollicité du Gouvernement, pour M. de Lacaze-Duthiers, la croix de commandeur de l'Ordre de Léopold, en vue de reconnaître les services que l'illustre zoologiste a rendus dès la création de ses laboratoires de Roscoff et de Banyuls, aux étudiants et aux professeurs d'université du pays, auxquels il accordait non seulement le concours de ses conseils, mais aussi l'hospitalité la plus désintéressée. Malheureusement, la mort de M. de Lacaze-Duthiers est survenue avant que l'arrêté royal nécessaire ait pu être pris.

M. le Secrétaire perpétuel ajoute qu'il s'est empressé d'écrire à MM. les Secrétaires perpétuels de l'Académie des sciences de Paris, pour exprimer à celle-ci les vives et sincères condoléances de la Classe au sujet de cet événement douloureux.

Il ne reste donc plus à la Classe, dit M. le Directeur, qu'à exprimer publiquement la reconnaissance qu'elle doit à la mémoire de M. de Lacaze-Duthiers, pour tout ce qu'il a fait en faveur de la science belge. (*Applaudissements.*)

— M. Leygues, Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts de France, fait savoir que, par un arrêté en date du 16 juillet, il vient de mettre à la disposition de l'Académie un exemplaire des trois volumes de M. Berthelot : *Les carbures d'hydrogène* (*1851-1891*).

Les remerciements de l'Académie seront adressés à l'honorable Ministre par les soins de M. le Secrétaire perpétuel.

M. le Secrétaire perpétuel se fera en même temps l'organe de la Classe pour exprimer à M. Berthelot, que l'Académie s'honore de compter parmi ses associés, toute l'admiration qu'elle éprouve au sujet de la publication de l'œuvre précitée, comprenant cinquante années de travaux consacrés au mouvement de la chimie organique.

— M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les dernières publications scientifiques adressées à la Classe, le volume portant pour titre : *Institut de France, Académie des sciences. Réunion du Comité permanent pour l'exécution de la carte photographique du ciel, tenue à l'Observatoire de Paris en 1900*. Paris, Gauthier-Villars, 1900; in-4°.

Il fait savoir en même temps que l'Académie est en possession d'un exemplaire des cent quatre-vingt-trois feuilles parues déjà des zones + 1, + 3, + 4, + 5, + 7, + 9, + 22 et + 24.

— La Classe prend notification de l'annonce de la célébration, le 12 octobre prochain, à Berlin, du quatre-vingtième anniversaire du professeur de l'Université Rudolphe Virchow, que l'Académie s'honore aussi de compter dans ses rangs comme associé étranger.

Une adresse sera envoyée à l'illustre jubilaire.

— M. Désiré Deltour, rue d'Écosse, 17, à Saint-Gilles, demande le dépôt dans les archives d'une lettre cachetée contenant un *projet de ballon dirigeable.* — Accepté.

Un dépôt semblable est accepté pour cinq billets cachetés présentés par M. R. Lavachery, rue Geefs, 39, à Schaerbeek, et portant les titres suivants :

Perfectionnement aux automobiles, aux vélos et à leurs accessoires; — Solution d'un problème de balistique; — Aéromoteur; — Nouveau propulseur; — Machine pour fabriquer la margarine; perfectionnements chimiques à cette fabrication.

— Hommages d'ouvrages :

1° *Sur l'état d'avancement du répertoire universel des travaux concernant les sciences géologiques* (BIBLIOGRAPHIA GEOLOGICA); par Michel Mourlon;

2° a) *Note sur les Arthropitus;* b) *Sur quelques pollens fossiles;* par B. Renault, associé;

3° *Bulletin mensuel de la station géophysique d'Uccle*, mai et juin 1901; par Eugène Lagrange (avec une note de M. De Tilly, qui figure ci-après);

4° *Annuaire astronomique de l'Observatoire royal de Belgique pour 1902;* par G. Lecointe, directeur du Service astronomique;

5° *Rapport sur la situation de l'industrie minérale et métallurgique dans la province de Liége, pour 1900;* par Ad. Firket.

— Remerciement s.

— Travaux manuscrits à l'examen :

Sur le nitroprussiate, le ferro- et le ferricyanure d'antipyrine; par M.-C. Schuyten. — Commissaires : MM. Jorissen et Delacre.

CONCOURS ANNUEL DE 1901.

M. le Secrétaire perpétuel fait savoir qu'il a reçu trois mémoires en réponse aux questions suivantes du programme, savoir :

SCIENCES NATURELLES.

PREMIÈRE QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur le rôle physiologique des substances albuminoïdes dans la nutrition des animaux ou des végétaux.

Exemples de questions qui pourraient être traitées par les concurrents :

Les albuminoïdes peuvent-ils se transformer en graisse dans l'organisme?

L'oxydation des albuminoïdes joue-t-elle un rôle dans la contraction musculaire?

Les globulines et les albumines du sang ont-elles la même signification physiologique?

Comment s'effectue la synthèse des albuminoïdes chez les végétaux?

Quel rôle jouent les albuminoïdes dans la formation des graisses végétales ou des hydrates de carbone, etc.?

Un mémoire intitulé : *Recherches sur la synthèse des substances albuminoïdes par les végétaux.* — Devise : *Solem quis dicere falsum auserit* (VIRGILE). — Commissaires : MM. Errera, Jorissen et Fredericq.

DEUXIÈME QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur l'organisation et le développement d'un Phoronis, en vue d'élucider les rapports existant entre les animaux de ce genre, les genres RHABDOPLEURA *et* CEPHALODRISCUS *et le groupe des Entéropneustes.*

Un mémoire intitulé : *De la structure des Phoronidées et de leurs relations avec les Entéropneustes.* — Devise : *Natura semper eadem est.* — Commissaires : MM. Van Beneden, Plateau et Van Bambeke.

QUATRIÈME QUESTION.

On demande de nouvelles recherches relatives à l'influence des facteurs externes sur la caryocinèse et la division cellulaire chez les végétaux.

Un mémoire. — Devise : *Any change in temperature leads to a change in the rade of growt* (B. DAVENPORT). — Commissaires : MM. Van Bambeke, Errera et Gravis.

NOTE BIBLIOGRAPHIQUE.

J'ai l'honneur de présenter à la Classe, au nom de M. Eugène Lagrange, professeur de physique à l'École militaire, les deux premiers *Bulletins mensuels* (mai et juin 1901) de la station géophysique d'Uccle, qu'il a fondée avec le concours financier de M. Ernest Solvay.

La plupart des stations géophysiques (qui sont encore

très peu nombreuses dans tous les pays) ont pour objet principal d'utiliser un appareil remarquable par la sensibilité avec laquelle il indique les petits mouvements angulaires, appareil dont la théorie est connue depuis assez longtemps, mais qui n'a été réalisé dans sa forme actuelle que depuis peu d'années, par MM. von Rebeur-Paschwitz et Ehlert : je veux parler du pendule horizontal.

Le pendule ordinaire peut s'appeler pendule vertical, parce que ses oscillations se font dans un plan vertical; de même le pendule nouveau s'appelle pendule horizontal, parce que ses oscillations se font dans un plan *presque* horizontal, attendu que l'axe de rotation est presque vertical.

Un pendule étant en équilibre, supposons qu'il se produise une variation, soit dans la direction de la verticale, soit dans le plan de support du pendule (les deux cas étant absolument analogues, je ne parlerai que du premier pour fixer les idées; les deux pourraient d'ailleurs se produire à la fois).

L'angle dont le pendule doit tomber (ou le quart d'une oscillation complète) sera marqué par l'angle de deux plans se coupant suivant l'axe de rotation et contenant respectivement l'ancienne et la nouvelle verticale. C'est l'un des dièdres du trièdre formé par l'axe et les deux verticales.

Si le pendule est vertical, ce trièdre est bi-rectangle et le quart d'oscillation est égal à l'angle des deux verticales, c'est-à-dire très petit. Si, au contraire, il s'agit d'un pendule horizontal, le trièdre a les trois angles plans très petits et l'on démontre aisément que la tangente du quart d'oscillation est égale à la tangente de l'angle des deux verticales, multipliée par la cosécante de l'angle très

petit que forme l'axe de rotation avec la verticale primitive.

On suppose pour cela, il est vrai, que le plan du déplacement de la verticale soit perpendiculaire au plan d'équilibre du pendule; mais si l'on emploie simultanément plusieurs pendules diversement orientés, il y en aura toujours un pour lequel cette condition sera à peu près vérifiée.

Là est la cause de la sensibilité extrême de ce pendule, encore augmentée par une disposition ingénieuse d'enregistrement photographique, à tel point qu'une variation d'*un centième de seconde* dans la verticale (ou dans le plan de support de l'instrument) serait accusée sur le papier par *un millimètre*.

Aussi ce pendule indique-t-il toutes les perturbations qui se produisent, soit par des explosions, des contractions ou des effondrements intérieurs, soit par des influences externes, et que l'on peut diviser en deux classes : les actions sismiques et les mouvements lents. Devant abréger, je ne parlerai ici que des mouvements lents du pendule, découverts par von Rebeur.

Le premier est une variation diurne périodique; on l'attribue provisoirement au mouvement du plan de support, dépendant de l'action du Soleil, tout en reconnaissant qu'actuellement les données de l'observation ne permettent pas de remonter aux causes effectives.

Le second mouvement lent est une variation semi-diurne, en retard d'une demi-heure sur l'heure de la culmination de la Lune. Bien qu'il ne soit pas attribué actuellement à une variation réelle de la verticale (par l'attraction lunaire), il m'amène à dire un mot, en terminant, des applications possibles à la géodésie.

Le point de vue *actuel* de cette science restreint le problème de la figure de la Terre en considérant la verticale d'un lieu comme invariable par rapport au globe lui-même, et en considérant aussi l'axe terrestre comme invariable.

Cette dernière hypothèse n'est certainement pas rigoureuse au point de vue de l'astronomie et de la mécanique céleste, et les variations qui doivent résulter du déplacement conique de l'axe paraissent de nature à pouvoir être enregistrées par le pendule horizontal.

La première hypothèse n'est probablement pas rigoureuse non plus (même abstraction faite du déplacement de l'axe terrestre), et le pendule horizontal semble destiné à éclaircir la question de savoir quelle est, dans la variation des latitudes, la part à reporter sur l'axe polaire et celle à affecter à d'autres causes de variation de la verticale du lieu.

J'ai pensé que ces renseignements sommaires pourraient intéresser la Classe, et qu'elle apprendrait avec satisfaction la fondation et la marche actuellement régulière d'une station destinée à faire contribuer notre pays à l'étude approfondie de la physique du globe, science cultivée autrefois avec tant de succès par notre illustre confrère Quetelet, mais à l'y faire contribuer avec des moyens que Quetelet ne pouvait soupçonner.

J'ai l'honneur de proposer à la Classe d'adresser des remerciements à M. Eug. Lagrange.

J. De Tilly.

RAPPORTS.

—

Sur l'avis des rapporteurs, la Classe décide l'impression au *Bulletin* des notes suivantes :

1° De M. Thibert : *Sur l'action physiologique de la décoction de moules* (RUYTILUS EDULIS), examinée par M. Fredericq;

2° De M. Oechsner de Coninck : *Sur le sulfate uraneux*, examinée par M. Spring.

—

Action de l'électricité sur le brouillard; par M. Vandevyver.

Rapport de M. G. Van der Mensbrugghe, premier commissaire.

« On sait qu'après chaque grand coup de foudre survient une averse immédiate : on est donc porté à croire que l'électricité favorise la condensation de la vapeur; récemment M. A. Marshall, du service de l'Arsenal de Woolwich, a décrit des expériences faites sur les collines du sud-est de l'Angleterre, et d'où l'auteur conclut que la vapeur se condense sous l'influence de l'électricité statique.

D'autre part, les observateurs ont constaté que les nuages orageux présentent parfois des mouvements fort singuliers, auxquels on a cru pouvoir attribuer la formation de la grêle.

M. Vandevyver a jugé que les deux questions précédentes sont connexes; mais comme il paraît fort dangereux, sinon impossible, d'étudier directement l'action de l'électricité sur les nuages ou sur les brouillards, l'auteur a imaginé un appareil de laboratoire, très ingénieux, qui lui permet de constater :

1° La production instantanée du brouillard dans un ballon par la détente de l'air dans l'espace d'un second ballon où l'on peut faire le vide;

2° L'action immédiatement consécutive d'une étincelle électrique plus ou moins longue (de 5 centimètres à une fraction de millimètre) sur le brouillard ainsi produit.

L'auteur décrit avec soin les conditions de la précipitation de la vapeur et la nature des mouvements caractéristiques produits par l'étincelle électrique d'une bobine d'induction.

Je n'hésite pas à déclarer que le travail de M. Vandevyver présente un grand intérêt au point de vue de la météorologie, et à proposer à la Classe de faire imprimer la note préliminaire de l'auteur au *Bulletin* de la séance, sous la condition toutefois de présenter prochainement un travail plus étendu où il fera l'historique de la question. »

M. De Heen, second commissaire, se rallie aux conclusions du rapport ci-dessus.

Elles sont adoptées par la Classe.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

—

M. Lagrange demande l'adjonction d'un travail de mécanique rationnelle : *Sur la prétendue indétermination des réactions dans les équations d'équilibre des corps indéformables*, à son rapport, ainsi qu'au rapport de MM. Le Paige et De Tilly sur le mémoire présenté par M. Eugène Ferron : *Solution complète du problème de l'équilibre d'un corps solide qui n'a d'autre liberté que celle de tourner autour de la droite joignant deux points fixes.*

Cette demande est faite par M. Lagrange, en vue de l'impression de son travail lorsque la Classe se sera prononcée sur les conclusions des rapports précités, M. De Tilly n'ayant pas encore présenté le sien à la Classe.

—

Sur la concentration moléculaire du sang et des tissus chez les animaux aquatiques; par Léon Fredericq, membre de l'Académie.

§ I. — Sang et liquides du milieu intérieur.

La concentration moléculaire et la teneur en sels du *milieu extérieur* (eau de mer plus ou moins salée, eau douce) exercent une influence très inégale sur la composition des liquides nourriciers (sang, hémolymphe) qui

constituent le *milieu intérieur* chez les différents animaux aquatiques.

On peut distinguer ici trois cas (*) :

A. Le milieu intérieur (sang, hémolymphe) présente la même concentration moléculaire et approximativement la même teneur saline que le milieu extérieur (eau de mer) dans lequel vit l'animal. C'est le cas pour les liquides nourriciers de tous les Invertébrés marins examinés par moi.

B. Le sang ou milieu intérieur présente la même concentration moléculaire que l'eau de mer dans laquelle l'animal vit, mais sa teneur en sels est beaucoup plus faible que celle de l'eau de mer : le complément de concentration moléculaire est atteint grâce à la présence de substances organiques dissoutes dans le sang. Sang des poissons plagiostomes.

C. Le sang présente une concentration moléculaire et une teneur saline très différentes de celles de l'eau extérieure. Sang des poissons osseux tant marins que d'eau douce. Sang des Invertébrés d'eau douce, notamment de l'Écrevisse.

(*) Voir ma notice : *Sur la perméabilité de la membrane branchiale* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE [Classe des sciences], 1901, n° 2, pp. 68-70).

A. — *Le milieu intérieur (sang, hémolymphe) présente la même concentration moléculaire et approximativement la même teneur saline que le milieu extérieur (eau de mer) dans lequel vit l'animal.*

J'ai montré, en 1882 et 1884 (*), que la proportion de sels solubles contenus dans le sang des Crustacés et des Invertébrés marins en général ne diffère pas beaucoup de la teneur en sels de l'eau de mer dans laquelle vivent les animaux. Ceux de la Méditerranée ont un sang plus salé que ceux de l'Atlantique ou de la mer du Nord. De plus, on peut faire varier, dans des limites assez larges, le degré de salure du sang de ces animaux en les transportant successivement dans de l'eau plus ou moins salée. Le sang paraît, chez ces animaux, être *in vivo* à l'état d'équilibre de diffusion saline vis-à-vis de l'eau extérieure : si l'on place un échantillon de ce sang dans un dialyseur suspendu *in vitro* dans de l'eau de mer, la diffusion, prolongée pendant plusieurs jours, ne modifie pas sensiblement la teneur en sels.

Ces faits ont été confirmés par Quinton (**) et par Bottazzi (***). Ce dernier expérimentateur a déterminé,

---

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique,* 1882. — *Livre jubil. Soc. méd. Gand,* 1884, p. 271. — *Arch. zool. exp.*, 1884 et 1891, p. 117.

(**) Quinton, *Comptes rendus de la Soc. de biol.*, 30 octobre 1897, pp. 935-936. — *Comptes rendus de l'Acad. des sciences de Paris*, 26 novembre et 3 décembre 1900.

(***) F. Bottazzi, *La pression osmotique du sang des animaux marins* (Arch. ital. de biologie, 1897, XXVII, 61).

chez un certain nombre d'Invertébrés du golfe de Naples, la concentration moléculaire du sang ou des liquides nourriciers par le procédé de l'abaissement du point de congélation (au moyen de l'appareil de Beckman) et l'a trouvé très voisin de celui de l'eau de mer ($\Delta = -2^{\circ},29$).

J'ai étudié, à Naples, chez un certain nombre d'Invertébrés marins, l'influence que les variations de la concentration moléculaire de l'eau de mer exercent sur la concentration moléculaire des liquides nourriciers. Lorsque la concentration ou la dilution ne sont pas poussées trop loin, il suffit de quelques heures chez beaucoup d'espèces pour que l'équilibre isotonique se rétablisse entre le *milieu extérieur*, artificiellement dilué, ou concentré, et le *milieu intérieur*, comme le montrent les exemples du tableau suivant. Les animaux en expérience étaient placés dans de grands aquariums remplis d'eau de mer diluée ou concentrée. L'eau était aérée par une injection continue d'air sous pression. La concentration moléculaire fut déterminée au moyen de l'appareil de Beckman, modifié par Hans Friedenthal (*).

J'avais eu l'occasion de vérifier que les animaux vivant dans l'eau de mer ordinaire donnaient une valeur de Δ très voisine de celle de l'eau de mer. Ainsi *Maja verrucosa* vivant dans de l'eau pour laquelle $\Delta = -2^{\circ},17$ fournit du sang pour lequel $\Delta = -2^{\circ},13$.

De même *Sipunculus nudus* vivant dans de l'eau à $\Delta = -2^{\circ},11$ fournit du sang avec $\Delta = -2^{\circ},13$.

(*) *Centralblatt f. Physiologie*, XIII, 481.

ESPÈCE ANIMALE.	DURÉE DU SÉJOUR dans l'eau diluée ou concentrée.		VALEUR DE Δ.	
			Liquide nourricier.	Eau de mer.
Sipunculus nudus	Liquide cavitaire	après 24 h.	— 2°,48	— 2°,49 concentrée.
Asterias glacialis		id. 24 h.	— 2,68	— 2,65 id.
Holothuria tubulosa		id. 24 h.	— 2,64	— 2,65 id.
Aplysia depilans	Sang.	après 24 h.	— 2,68	— 2,65 id.
Octopus vulgaris		id. 17 h.	— 1,60	— 1,60 diluée.
Palinurus vulgaris.		id. 5 h.	— 2,80	— 2,98 concentrée.
Maja squinado		id. 6 h. 30 m.	— 2,88	— 2,98 id.
Maja verrucosa		id. 5 h. 30 m.	— 2,90	— 2,96 id.
Id.		id. 6 h. 30 m.	— 2,94	— 2,98 id.
Id.		id. 24 h.	— 1,40	— 1,38 diluée.

Si la durée du séjour est faible, l'équilibre n'est pas atteint complètement :

ESPÈCE ANIMALE.	DURÉE.	Δ (sang).	Δ (eau).
Eledone Aldrovandi . .	2 h. 45 m.	— 2°,10	— 2°,82 concentrée.
Octopus vulgaris . . .	11 h.	— 1,78	— 1,58 diluée.
Maja verrucosa	4 h.	— 1,40	— 1,25 id.

Tous les animaux ne s'adaptent pas avec la même rapidité que *Maja verrucosa* aux variations de concentration de l'eau de mer, comme le montrent les valeurs suivantes de Δ, qui se rapportent au sang d'exemplaires de *Carcinus maenas* ayant vécu plus ou moins longtemps dans de l'eau de mer concentrée ou diluée :

ESPÈCE ANIMALE.	DURÉE du séjour.	Concentration du sang. Valeur de Δ.	Concentration de l'eau. Valeur de Δ.
Carcinus maenas . . .	1 h.	— 2°,08	— 1°,1 diluée.
	3 h. 30 m.	— 2	— 1,1 id.
	15 h.	— 1,68	— 1,1 id.
	7 h.	— 1,77	— 1,08 id.
	24 h.	— 1,85	— 1,16 id.
	3 fois 24 h.	— 1,68	— 1,19 id.
	3 fois 24 h.	— 3,12	— 3,11 concentrée.
	3 fois 24 h.	— 3,83	— 3,84 id.

L'équilibre s'établit donc fort lentement entre le *milieu extérieur* (eau de mer) et le sang ou *milieu intérieur* chez *Carcinus maenas*. Ceci fait supposer que les surfaces d'échange entre l'organisme de cette espèce et le milieu extérieur sont peu perméables, tant à l'eau qu'aux substances dissoutes.

Les expériences suivantes montrent en effet que les sels que l'on ajoute à l'eau de mer passent fort lentement dans le sang de *Carcinus maenas*.

Des *Carcinus maenas* séjournent dans de l'eau de mer additionnée de 5 ‰ de *ferrocyanure de sodium*. Au bout de cinq heures, on recherche ce sel dans le sang et dans le contenu de l'estomac, au moyen du *perchlorure de fer* légèrement acidulé. A cet effet, le sang est reçu directement sur du papier à filtre, qu'on laisse sécher. Les taches de sang ne donnent pas la réaction caractéristique du *ferrocyanure*, tandis que le contenu stomacal se colore en bleu (*bleu de Prusse*) par addition de perchlorure de fer acide.

Au bout de vingt-trois heures de séjour, le sang donne la réaction du *ferrocyanure*.

Comme cette réaction n'est pas très sensible quand il s'agit de liquides albumineux, j'ai repris les expériences au moyen d'eau de mer additionnée de nitrate de sodium à 2.5 ‰.

La réaction caractéristique des nitrates (coloration indigo par addition d'une goutte de solution sulfurique de diphénylamine à une goutte de sang) commença à se montrer au bout d'une demi-heure à une heure de séjour; au bout d'une heure à une heure et demie de séjour, elle était très marquée. Dans tous les cas, le contenu de l'estomac donna la réaction plus fortement que le sang : il n'est donc pas possible de décider si le sel étranger

pénètre dans le sang par la voie des branchies ou par celle de la surface de l'intestin.

En plongeant les Crabes dans de l'eau de mer additionnée de 1 °/₀ de nitrate de sodium, on observe que le sang donne déjà fortement la réaction des nitrates au bout d'une demi-heure de séjour. Cette eau de mer présente une valeur de $\Delta = -2^{\circ},52$. Au bout de quarante-huit heures, le sang des Crabes donnait $\Delta = -2^{\circ},40$.

L'équilibre osmotique était donc presque atteint. Cet équilibre provenait moins d'une entrée de nitrate dans le sang que d'un échange d'eau entre le sang et l'eau extérieure. En effet, le dosage des nitrates dans le sang par la méthode de Schulze-Tiemann (*) donna 5 centimètres cubes de N^2O^2 pour 10 centimètres cubes de sang, tandis que 5 centimètres cubes d'eau extérieure fournirent 13 centimètres cubes de N^2O^2, c'est-à-dire cinq fois plus. Il est fort possible que chez *Carcinus maenas*, la branchie soit seulement perméable à l'eau, l'intestin étant à la fois perméable à l'eau et aux sels. Dans cette manière de voir, les échanges d'eau tendant à égaliser les conditions de pression osmotique auraient leur siège au niveau de la membrane branchiale, tandis que les échanges de sels se feraient à travers l'épithélium intestinal.

Chez les Céphalopodes, la branchie est très perméable à certaines substances, notamment à la *strychnine*, comme l'ont montré les expériences de Paul Bert et d'Émile Yung (**). Je place un petit *Octopus Defilippii* dans de

---

(*) Schulze, *Zeitschr. f. anal. Chemie*, 1870, IX, 401. — Tiemann, *Ber. der deuts. chem. Ges.*, 1873, VI, 1041.

(**) P. Bert, *Physiologie de la Seiche*. — E. Yung, *Comptes rendus*, 1880, vol. 91, p. 238.

l'eau de mer contenant 5 centigrammes de *sulfate de strychnine* par litre. Il est presque aussitôt pris de convulsions et meurt au bout de quelques minutes. Résultat analogue avec un second exemplaire, placé dans de l'eau ne contenant que 1 centigramme de sel de *strychnine* par litre (solution au cent-millième).

Chez *Octopus vulgaris*, la branchie paraît peu perméable aux sels dissous. Un *Octopus* est placé dans de l'eau de mer contenant 2 °/₀₀ de *ferrocyanure de sodium*. On le saigne au bout d'une heure trente-cinq minutes. Le sang ne donne pas la réaction du ferrocyanure.

Un autre *Octopus vulgaris* est placé dans de l'eau contenant 5 °/₀₀ de *ferrocyanure*. Au bout de six heures, l'animal est retiré fort malade. Son sang donne la réaction du ferrocyanure.

Conclusion. — Chez les Invertébrés marins examinés, l'organisme est perméable à l'eau et aux sels dissous. La branchie paraît perméable à l'eau, mais il n'est pas prouvé qu'elle le soit partout aux sels dissous. Il est possible que chez certaines espèces, les substances dissoutes pénètrent dans le sang par la voie intestinale.

Quoi qu'il en soit, chez les animaux vivant à l'état de nature, il s'est établi un équilibre complet au point de vue de la diffusion saline entre le sang et l'eau de mer extérieure. Cet équilibre ne sera plus modifié, si l'on place le sang d'un poulpe, d'une langouste, d'un crabe dans un dialyseur (boyau de papier parchemin) que l'on suspend dans un vase renfermant de l'eau de mer que l'on renouvelle par un courant continu. On peut dialyser pendant plusieurs jours sans modifier la teneur en sels du sang. J'avais déjà constaté le fait en 1891 pour le sang

de *Maja squinado*. Je l'ai vérifié récemment encore pour le sang d'*Octopus* et pour celui de *Maja verrucosa*.

Sels du sang avant et après dialyse.

	AVANT DIALYSE.	APRÈS DIALYSE.
Sang d'*Octopus*.	3 °/₀	3 °/₀
Sang de *Maja verrucosa*	3.55 °/₀	3.62 °/₀

On remarquera que l'équilibre de diffusion est atteint entre le sang et l'eau de mer, quoique la proportion de sels contenue dans le sang soit notablement plus faible que celle de l'eau de mer. C'est sans doute à la présence de matières albuminoïdes dans le sang que ce fait est dû.

B. — *Le milieu intérieur (sang) présente la même concentration moléculaire que l'eau de mer, mais sa teneur en sels est beaucoup plus faible.*

J'ai signalé, en 1884 et 1891, la faible teneur saline du sang des poissons marins, notamment des poissons plagiostomes. D'autre part, Bottazzi (*) découvrait que la concentration moléculaire du sang des poissons plagiostomes est cependant la même que celle de l'eau de mer

(*) F. Bottazzi, *Arch. ital. de biol.*, 1897, XXVIII.

dans laquelle ils vivent. Ainsi le point de congélation du sang de *Mustelus vulgaris*, de *Torpedo marmorata* et de *Trygon violacea* fut trouvé par lui respectivement de — 2°,36, — 2°,26, — 2°,44, alors que l'eau d'où les poissons avaient été retirés se congelait à — 2°,29. Bottazzi avait été frappé de la contradiction qui semblait exister entre la faible teneur saline et la haute concentration moléculaire du sang des plagiostomes. L'explication est cependant fort simple : v. Schröder (*) a découvert que le sang de *Scyllium* contient de 2 à 3 °/₀ d'urée. C'est cette urée et sans doute d'autres substances organiques du sang qui, s'ajoutant aux sels du sang, viennent parfaire la concentration moléculaire répondant à $\Delta = -2°$. Le fait a été confirmé récemment par Quinton (**), par Rodier (***) et par moi-même (IV).

Le milieu extérieur (eau de mer) se met donc en équilibre osmotique (même concentration moléculaire, même valeur de Δ) avec le sang de l'animal; mais il n'est nullement en équilibre de diffusion, puisque l'animal conserve dans son sang jusque 2.5 à 3 °/₀ d'une substance aussi diffusible que l'urée, qui ne passe pas dans l'eau extérieure, et que pareillement le sang contient seule-

---

(*) v. Schroeder, *Zeitschr. f. physiol. Chemie*, XIV, p. 576.

(**) R. Quinton, *Comptes rendus de la Soc. de biol.*, 11 mars 1899.

(***) Rodier, *Soc. scient. et stat. zool. d'Arcachon*, 1899.— *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 10 décembre 1900.

(IV) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 1901. Muskens (*Eene physiologische zoutsolutie voor zeedieren* [Tijdschr. der nederl. dierkund. Vereen., 1893-1894, IV, p. 314]) considère la solution de NaCl à 2.25 °/₀ comme *physiologique* vis-à-vis du sang, des muscles et des spermatozoïdes des Sélaciens (*Raja clavata*).

ment 1.6 °/₀ de sels solubles contre plus de 4 °/₀ de sels de l'eau extérieure.

Il semble donc que les surfaces d'échange (branchies) entre le milieu extérieur et le milieu intérieur laissent passer l'eau pour permettre l'équilibre isotonique, mais ne se laissent pas traverser par les substances dissoutes, sels, urée, etc. Ces surfaces se comportent donc comme si elles étaient constituées par des membranes semi-perméables. J'ai fait quelques expériences dont les résultats cadrent entièrement avec cette manière de voir.

J'ai d'abord vérifié encore une fois la faible teneur en sels solubles (1.6 °/₀), la grande richesse en urée du sang de *Scyllium catulus* (2 à 3 °/₀), ainsi que l'identité de sa concentration moléculaire avec celle de l'eau extérieure (Δ = au moins — 2°).

Scyllium catulus A, ayant vécu dans de l'eau de mer d'une densité de 1,030 environ et pour laquelle $\Delta = -2°,13$.

Sang, $\Delta = -2°,18$, avec 1.71 °/₀ de sels dont 1.5 °/₀ solubles et 0.21 °/₀ insolubles.

Scyllium B. Eau de mer, densité 1,030. $\Delta = -2°,12$.

Sérum centrifugé, $\Delta = -2°,14$. Sels du sérum, premier échantillon, 1.72 °/₀ dont 1.62 solubles et 0.1 insolubles; second échantillon, 1.70 °/₀ dont 1.60 solubles et 0.1 insolubles.

Les sels de 10 centimètres cubes de sérum redissous dans 10 centimètres cubes d'eau donnent $\Delta = -1°,02$. Le sérum contenait 2.93 °/₀ d'urée (*), représentant un abaissement de $\Delta = -0°,92$ environ.

J'ai constaté ensuite que si l'on place un *Scyllium* dans

(*) Dix centimètres cubes de sérum furent coagulés par 50 centimètres cubes d'alcool, le coagulum épuisé par l'alcool, les liquides alcooliques évaporés au bain-marie, dissous dans 10 centimètres cubes d'eau et traités par l'hypobromite de sodium dans mon uréomètre. — Voir *Un nouvel uréomètre* (LIVRE JUBIL. SOC. BIOL. et TRAV. LABOR., VI, 1901).

de l'eau de mer diluée par addition d'eau douce, ou concentrée par évaporation, le sang ne tarde pas à se modifier de manière à se mettre au bout de quelques heures en équilibre osmotique avec le milieu extérieur. Ainsi le point de congélation du sang s'élève ou s'abaisse dans la même mesure que celui de l'eau extérieure.

Le nouvel équilibre osmotique semble s'établir par simple transport d'eau de l'eau de mer extérieure vers le sang (pour le cas où l'on a dilué l'eau), ou du sang vers l'extérieur (pour le cas où l'on a employé de l'eau concentrée), sans que les substances dissoutes prennent part à ce transport. Le sang paraît se diluer ou se concentrer en bloc, par addition ou soustraction d'eau, comme le montrent les variations dans les proportions absolues de sels, d'urée, etc., et le peu de variations au contraire dans les proportions de sels comparées à celles de l'urée.

L'absorption d'eau par le plasma sanguin dans le cas d'expérience faite dans l'eau de mer diluée, a pour effet d'augmenter notablement la masse du sang, mais presque exclusivement au profit du plasma, les globules variant peu. L'animal fournit beaucoup de sang, mais ce sang contient peu de globules et beaucoup de plasma, comme on peut s'en assurer en faisant, au moyen de l'appareil à force centrifuge de Runne, la séparation des globules et du plasma dans le sang défibriné.

Réciproquement, lorsque le *Scyllium* a vécu dans de l'eau de mer concentrée, son sang se concentre, par perte d'eau, au profit du milieu extérieur. La masse du sang diminue, mais presque exclusivement au détriment du plasma, les globules variant peu. On recueille relativement peu de sang, mais ce sang est riche en globules, pauvre en plasma.

Voici le détail des expériences.

Eau de mer diluée.

Scyllium C, de 76 centimètres de long, pesant un peu moins de 2 kilogrammes, ayant vécu pendant vingt-sept heures dans 100 litres d'eau de mer diluée ($\Delta = -1^{\circ},67$), aérée par un barbotement continu d'air. L'eau fut changée entièrement deux fois, d'abord au bout de six heures, puis au bout de dix-huit heures. Au bout de vingt-quatre heures, on ajoute $^1/_{1000}$ de nitrate de sodium ($NaAzO^3$).

Au bout de vingt-sept heures, l'animal fut rincé par un séjour de quelques minutes dans de l'eau de mer ordinaire, puis essuyé et saigné : il donna beaucoup de sang pauvre en globules. Le sang défibriné fut soumis à l'appareil à force centrifuge.

Eau, $\Delta = -1^{\circ},67$; sérum, $\Delta = -1^{\circ},70$; sels solubles et insolubles du sérum, 1.34 °/₀ et 1.36 °/₀ (deux déterminations), moyenne, 1.35 °/₀; urée du sérum, 2.48 °/₀.

Les sels solubles de 10 centimètres cubes de sérum redissous dans 10 centimètres cubes d'eau donnent $\Delta = -0^{\circ},77$. L'urée (2.48 °/₀) aurait donné $\Delta = -0^{\circ},78$. Le sérum essayé par la diphénylamine ne donna pas la réaction des nitrates.

Eau de mer concentrée.

Scyllium D, ayant vécu pendant vingt-quatre heures dans de l'eau de mer, additionnée graduellement d'eau concentrée, de manière à présenter une valeur $\Delta = -2^{\circ},72$ au bout de sept heures et demie. A la dix-huitième heure, on ajoute 2.5 °/₀₀ de nitrate de sodium ($NaAzO^3$). L'animal fournit une petite quantité de sang, riche en globules, pauvre en plasma.

Sérum, $\Delta = -2^{\circ},70$; sels, 2.24 °/₀; urée, 3.22 °/₀.

Les sels solubles de 10 centimètres cubes de sérum redissous dans 10 centimètres cubes d'eau donnent $\Delta = -1^{\circ},18$. L'urée (3.22 °/₀) aurait donné $\Delta = -1^{\circ}$ environ.

EAU DE MER CONCENTRÉE PAR ADDITION D'UN SEL ÉTRANGER.

Un *Scyllium E* (73 centimètres de long, poids 1,490 grammes) séjourna pendant quatorze heures dans de l'eau de mer additionnée de 5 °/₀₀ de ($NaAzO^3$), puis pendant neuf heures dans de l'eau de mer additionnée de 10 °/₀₀ de ($NaAzO^3$).

Eau, $\Delta = -2^\circ,49$; sérum, $\Delta = -2^\circ,48$.

L'équilibre isotonique était donc réalisé complètement entre le sang et l'eau. Quelle part l'entrée du nitrate dans le sang avait-elle eue ici pour contribuer à parfaire cet équilibre? Pour résoudre cette question, le sel fut dosé à la fois dans le sérum et l'eau de mer, dans laquelle l'animal avait vécu, à l'état de bioxyde d'azote, d'après le procédé de Schulze-Tiemann.

Dix centimètres cubes d'eau de mer donnèrent 26 centimètres cubes de gaz; 10 centimètres cubes de sang donnèrent $3^{cc},1$.

Le sang contenait donc huit à neuf fois moins de sel que l'eau de mer. La pénétration du nitrate n'avait donc joué qu'un rôle tout à fait secondaire. Il est bien possible d'ailleurs que ce nitrate ait pénétré dans l'organisme par une autre voie que celle des branchies, par celle du tube digestif, par exemple. La présence du nitrate en quantité notable dans l'estomac fut démontrée chez les trois *Scyllium C, D, E,* qui avaient vécu dans de l'eau additionnée de nitrate.

Enfin j'utilisai le sang d'un dernier *Scyllium* disponible pour vérifier ce fait que la dialyse augmente la teneur en sels du sang, mais qu'après épuisement de l'action de la diffusion, le sang contient cependant moins de sels que l'eau extérieure.

Un *Scyllium F* ayant vécu dans de l'eau de mer ordinaire (longueur 62 centimètres, poids 910 grammes) fournit 28 centimètres cubes de sang, dont 21.5 de sérum.

Le sérum, soumis pendant trois fois vingt-quatre heures à la dialyse vis-à-vis de l'eau de mer dans un boyau de papier parchemin, fournit 3.26 °/₀ de sels.

Dans mon travail de 1891, j'avais donné les chiffres de quelques expériences analogues. Le sérum du sang de raie m'avait fourni 1.77 °/₀ de sels avant la dialyse

et 3.28 °/₀, puis 3.44 °/₀ de sels après dialyse vis-à-vis d'eau de mer (de Banyuls).

Ces expériences sont à rapprocher de celles qui se rapportent à la dialyse du sang de poulpe, de homard, etc., vis-à-vis de l'eau de mer. (Voir plus haut, p. 436.)

Elles montrent qu'un liquide albumineux se trouve en équilibre de diffusion avec des solutions purement salines, dont la teneur en sels est notablement supérieure à celle du liquide albumineux.

C. — *Le sang présente une concentration moléculaire et une teneur saline très différentes de celles de l'eau extérieure.*

Bottazzi avait déjà constaté que la valeur de Δ était notablement plus faible chez *Charax puntazzo* ($\Delta = -1°,04$ et $-1°,035$) et chez *Cerna* (*Serranus*) *gigas* ($-1°,035$ et $-1°,034$), que pour l'eau de mer dans laquelle ces poissons osseux avaient vécu.

J'ai obtenu des valeurs encore plus faibles que Bottazzi pour les poissons osseux marins (*).

Sang de *Crenilabrus pavo* $\Delta = -0°,76$ et $-0°,74$.
Box salpa . . . . $\Delta = -0°,88$ et $-0°,82$.

Chez les poissons osseux marins, le sang présente donc

(*) Rodier (*Soc. scient. et stat. zool. d'Arcachon*, 1899) a publié des valeurs de concentration moléculaire du sang de plusieurs poissons.

Lophius $\Delta = -0°,62$ à $0°,80$; *Esturgeon* $\Delta = -0°,76$.

Hamburger avait trouvé (*Arch. f. Physiol.*, 1887, p. 42) que le sang de *Tinca* est isotonique avec une solution de NaCl à 0.936 °/₀ ($\Delta = -0°,55$).

une concentration moléculaire notablement plus faible que l'eau de mer extérieure.

Chez les poissons osseux d'eau douce et chez l'Écrevisse, le sang présente une concentration moléculaire notablement plus forte que l'eau extérieure.

Astacus fluviatilis	$\Delta = -0^{\circ},80$.
Barbus fluviatilis	$\Delta = -0^{\circ},475$.
— —	$\Delta = -0^{\circ},50$.
— —	$\Delta = -0^{\circ},50$.
Leuciscus dobula (*Squalius cephalus*) . .	$\Delta = -0^{\circ},45$.
Anguilla vulgaris	$\Delta = -0^{\circ},58$.
— —	$\Delta = -0^{\circ},69$.

§ II. — Concentration moléculaire des tissus.

La détermination de la concentration moléculaire, par le procédé de l'abaissement du point de congélation, est rarement applicable directement aux tissus solides. Les muscles, les glandes, etc., même réduits en bouillie aussi ténue que possible, ont encore une consistance trop solide pour pouvoir être brassés dans l'appareil de Beckman.

Il n'y a guère que les tissus transparents et très riches en eau de certains animaux pélagiques qui se prêtent à cette opération. Ainsi, un lambeau de l'ombelle d'un grand *Rhizostoma pulmo*, découpé en menus fragments, laissa découler un liquide dont la densité, la teneur en sel et le point de congélation Δ étaient très voisins de ceux de l'eau de mer.

Mais le plus souvent, il faut avoir recours à des procédés indirects. J'en ai utilisé deux :

L'un consiste à épuiser complètement par l'eau distillée

bouillante les fragments de tissus soumis au préalable à la dessiccation à l'étuve à + 110°. On réunit toutes les eaux de lavage et on les réduit par évaporation au volume qu'occupait l'eau d'imbibition du tissu. Le liquide ainsi obtenu doit avoir une concentration moléculaire très voisine de celle du suc naturel du tissu. On la détermine par l'abaissement de son point de congélation, tel que le fournit l'appareil de Beckman. Il faut nécessairement déterminer au préalable la richesse du tissu en eau. Ce procédé est malheureusement assez long.

L'autre procédé, plus expéditif, mais moins sûr, consiste à rechercher par tâtonnements la concentration qu'il faut donner à une solution saline (eau de mer diluée ou concentrée), pour qu'un fragment de tissu suspendu dans cette solution ne change ni de poids ni de volume. La solution peut être alors considérée comme *isotonique* par rapport au tissu.

Bottazzi et Enriquez (*) avaient appliqué ce procédé au tissu des glandes salivaires d'*Octopus*. Ils avaient constaté que ces glandes ne varient pas de poids quand on les laisse séjourner dans l'eau de mer; qu'elles augmentent de poids (par absorption d'eau) dans les liquides *hypotoniques*, plus dilués que l'eau de mer; qu'elles diminuent, au contraire, de poids (par perte d'eau) dans les liquides *hypertoniques*, c'est-à-dire plus concentrés que l'eau de mer.

Malheureusement, la pesée directe est difficilement applicable à des fragments de muscles ou d'autres tissus

---

(*) F. Bottazzi et P. Enriquez, *Sulle proprietà osmotiche, etc.* Ricerche... dedicate al Prof. Luigi Luciani, Milano, 1900, p. 219.

à surface rugueuse, qu'il est malaisé d'essuyer convenablement sans en perdre des fragments.

J'ai eu l'idée d'employer la balance à densité de Westphal, pour rechercher, par tâtonnements, la concentration qu'il faut donner à la solution saline (eau de mer), pour qu'un fragment de tissu, qu'on y suspend, conserve son volume et son poids.

Voici comment j'opère : Un fragment de muscle, de glande, etc. (de 3 à 6 grammes, par exemple), est suspendu, au moyen d'un crochet et d'un fil de platine fort mince, à la place du flotteur de l'appareil de Westphal. On plonge le fragment de tissu dans le liquide que l'on veut essayer, puis l'on équilibre très exactement le fléau au moyen des cavaliers en métal de l'appareil. Au besoin, on ajouterait des cavaliers supplémentaires, en métal ou en verre. Si l'équilibre se maintient pendant dix à quinze minutes, le liquide peut être considéré comme *isotonique* par rapport au tissu.

Quand le liquide est *hypotonique*, il cède de l'eau au tissu; celui-ci gonfle, augmente de volume, mais diminue de densité ; il tend donc à remonter à la surface, par suite de l'augmentation de la poussée hydrostatique, et l'équilibre de la balance est rompu.

Pareillement, quand le liquide est *hypertonique* par rapport au tissu, il enlève de l'eau à ce dernier; le tissu se ratatine, augmente de densité et tend donc à couler à fond. L'équilibre est de nouveau rompu, mais dans l'autre sens.

Ce procédé est basé sur la différence de densité du liquide essayé et de l'eau absorbée ou perdue par le tissu. Il ne donnera des résultats satisfaisants qu'avec des solides à concentration moléculaire élevée, voisine, par exemple,

de celle de l'eau de mer, comme c'est le cas pour un grand nombre d'animaux marins. Ce procédé serait probablement d'une application moins heureuse (à cause des nombreuses causes d'erreur qu'il comporte) chez les animaux d'eau douce, dont tout l'organisme est relativement pauvre en sels et en substances dissoutes. Ajoutons que le procédé suppose que les enveloppes des tissus sont des membranes semi-perméables, permettant un équilibre osmotique, par entrée ou sortie d'eau, mais ne se prêtant pas aux phénomènes de diffusion. Il est probable que cette supposition n'est pas tout à fait exacte, et qu'à la longue, au moins, le transport de l'eau se complique de phénomènes de diffusion. C'est pour cela qu'il est bon de ne faire que des expériences de courte durée, ne dépassant guère quinze minutes.

En appliquant les méthodes dont il vient d'être question, et en les combinant avec la détermination quantitative directe de la teneur en sels des tissus, j'ai été conduit à les ranger en trois catégories : *A*, *B*, *C*, analogues aux trois catégories de sang *A*, *B*, *C*.

A. — *Tissus à concentration moléculaire et à teneur saline voisines de celles du milieu extérieur (eau de mer).*

Il faut ranger dans cette catégorie les tissus transparents très aqueux des animaux pélagiques. Ces tissus contiennent extrêmement peu de matériaux solides organiques et sont presque entièrement formés d'eau et des sels de l'eau de mer (*).

(*) Voir Vernon, *Journ. of physiol.*, 1895, XIX, p. 18, et 1899, XXV, p. 132.

Un autre exemple nous est fourni par le manteau d'*Ascidia mamillata* (exemplaires de Pouzzoles près de Naples), qui contient 4 °/₀ de sels solubles et se montre dans la balance de Westphal isotonique par rapport à l'eau de mer.

B. — *Tissus à concentration moléculaire égale à celle du milieu extérieur (eau de mer), mais contenant beaucoup moins de sels minéraux que le milieu extérieur*

Depuis longtemps, j'ai été frappé de la faible teneur saline des tissus des animaux marins. Ainsi, parmi les animaux achetés à Liége, j'ai trouvé pour les muscles de *Palinurus vulgaris* 1.51 et 1.44 °/₀ de sels solubles (22 °/₀ de matériaux solides); pour les muscles adducteurs de *Mytilus edulis*, 1 °/₀, puis 1.2 °/₀ de sels solubles, avec 26 °/₀ de matériaux solides; pour les muscles adducteurs d'*Ostrea edulis*, 1 °/₀ de sels solubles, avec 23.66 °/₀ de matériaux solides (*).

J'ai fait également à Naples quelques déterminations de sels solubles. En voici les chiffres :

Ovaires de *Spherechinus granularis* . . .	1.51 °/₀	sels solubles.
Peau avec muscles de *Sipunculus nudus*.	1.29 °/₀	—
Manteau de *Tethys leporina*	2 °/₀	—
Manteau et muscles de *Cytherea chione* .	1.1 °/₀	—
Manteau musculeux d'*Eledone moschata*.	1.46 et 1.49 °/₀	—
Muscles du pied d'*Haliotis tuberculata* .	0.6 et 0.6 °/₀	—

(*) D'après Russel et Chittenden (cités dans *Maly's Jahresber. f. Thierchemie*, 1875, p. 204), les muscles de *Pecten irradians* fournissent 1.26 et 1.24 °/₀ de cendres.

D'après Hemala (*Maly's Jahresber.*, 1889), les muscles de homard donnent de 1.53 à 1.8 °/₀ de cendres.

Tous les organes d'Invertébrés marins examinés, ainsi que les muscles de *Torpedo* et de *Scyllium*, suspendus dans la balance de Westphal, furent trouvés *isotoniques*, soit à l'eau de mer ordinaire (d'une densité de 1,030 pour l'eau du golfe de Naples), soit à l'eau de mer légèrement diluée (densité 1,028 à 1,029), ou plus souvent légèrement concentrée (1,031 à 1,032).

Voici quelques exemples :

TISSUS.		DENSITÉ de l'eau de mer isotonique avec le tissu.
Muscles d'*Octopus vulgaris*		1,030 à 1,031
Glandes salivaires d'*Octopus vulgaris*		1,030 à 1,031
Muscles de	*Sepia officinalis*	1,032
	Sipunculus	1,031
	Palinurus vulgaris	1,031
	Torpedo	1,030
	Scyllium	1,030

Le procédé de la détermination de l'abaissement du point de congélation des extraits aqueux fut appliqué aux muscles de *Sipunculus*, à ceux d'*Octopus*, de *Loligo* et de *Palinurus*, et fournit des résultats concordant avec les précédents.

Les extraits aqueux de muscles de *Sipunculus nudus*, redissous dans un volume d'eau représentant 75 °/₀ du poids des muscles, fournirent un liquide dont le point de congélation ($\Delta = -2^{\circ},18$) était voisin de celui de l'eau de mer ($-2^{\circ},11$) et du sang de siponcle ($-2^{\circ},13$).

Les extraits aqueux de muscles d'*Octopus vulgaris*, réduits à 80 °/₀ du volume des muscles, fournirent un liquide se congelant à — 2°,2, valeur voisine de celle de l'eau de mer et du sang de poulpe.

Les extraits aqueux de muscles de *Loligo vulgaris*, réduits à 75 °/₀ du volume des muscles, fournirent un liquide se congelant à — 2°,17, valeur voisine de celle de l'eau de mer.

Les extraits aqueux de muscles de *Palinurus vulgaris*, réduits à 75 °/₀ du volume des muscles, fournirent un liquide se congelant à — 2°,16.

Les tissus de la plupart des Invertébrés marins se comportent donc, au point de vue de la concentration moléculaire et de la teneur en sels, non comme le sang de ces animaux, mais comme le sang des poissons plagiostomes. Ici aussi, la faible teneur en sels n'exclut nullement une concentration moléculaire élevée, la différence étant comblée par des substances organiques (notamment la *taurine* chez les muscles des Mollusques céphalopodes). Il serait intéressant de rechercher les substances organiques qui existent en si grande abondance dans les tissus de la plupart des Invertébrés marins.

Chez les poissons plagiostomes, les tissus sont également isotoniques par rapport au sang de ces animaux ou par rapport à l'eau de mer. Ces tissus sont relativement pauvres en sels, mais très riches en urée.

C. — *Organes à concentration moléculaire et à teneur saline très différentes de celles du milieu extérieur.*

Il faut ranger ici les tissus des poissons osseux, tant d'eau de mer que d'eau douce, et ceux des Invertébrés d'eau douce.

Les muscles des poissons osseux marins que j'ai examinés, m'ont fourni, par les deux méthodes employées, des valeurs de concentration moléculaire inférieures à celle de l'eau de mer.

La méthode de la balance de Westphal a fourni les valeurs suivantes de densité de l'eau de mer isotonique par rapport aux muscles des différentes espèces.

TISSUS.		DENSITÉ de l'eau de mer isotonique avec le tissu.
Muscles de	*Scomber scomber*	1,027
	Clupea aurita	1,026
	Mugil capito	1,024
	Trachinus draco	1,0205
	Box Boops	1,0205
	Trachurus trachurus. . .	1,020
	Sargus vulgaris.	1,020
	Sphyraena vulgaris . . .	1,0194 à 1,020
	Conger vulgaris.	1,0194
	Smaris vulgaris.	1,0195
	Charax puntazzo	1,019
	Scorpaena porcus	1,019
	Sargus annularis	1,018

Ces valeurs ne doivent être utilisées qu'avec précau-

tion : elles sont probablement trop fortes, surtout en ce qui concerne *Scomber scomber* et *Clupea aurita.*

J'ai pu appliquer la seconde méthode à des échantillons de muscles de ces deux espèces, recueillis à Naples et analysés à Liége.

20^{gr},85 de muscles de *Clupea aurita* fournirent 5^{cc},136 de résidu sec et contenaient par conséquent 15^{cc},715 d'eau. Les extraits aqueux réduits à 15^{cc},7 fournirent un liquide se congelant à — 1°,24.

27^{gr},52 de muscles de *Scomber scomber* fournirent 7^{gr},171 de résidu sec et 20^{cc},353 d'eau. Les extraits réduits à 20^{cc},4 fournirent un liquide se congelant à — 1°,18.

Ces valeurs — 1°,24, — 1°,18 correspondent au point de congélation d'eau de mer diluée de manière à présenter une densité de 1,016 à 1,017. Elles sont plus élevées que celles fournies par le sang des poissons osseux examinés. Malheureusement, il n'a pas été possible de déterminer la valeur de Δ pour le sang de *Scomber scomber* et de *Clupea aurita* (*).

(*) Voir, d'après ALMÉN (cité par *Maly's Jahresber. f. Thierchemie*, 1877), la proportion centésimale de sels dans les muscles de plusieurs poissons osseux. *Muraena anguilla* 0.92 °/₀, *Scomber scomber* 1.70 °/₀, *Salmo salar* 1.49 °/₀, *Clupea* 1.65 °/₀, *Pleuronectes platessa* 1.46 °/₀, *Perca fluviatilis* 1.38 °/₀, *Gadus callarias* 1.44 °/₀, *Esox lucius* 1.13 °/₀.

D'après CHITTENDEN (*Maly's Jahresber.*, 1877, p. 310), les muscles d'*Hippoglossus americanus* fournissent 1.08 °/₀ de cendres.

Voir aussi ATWATER, *Ber. d. d. chem. Ges.*, 16, pp. 1839-1846 (*Maly's Jahresber.*, 1883).

CONCLUSION.

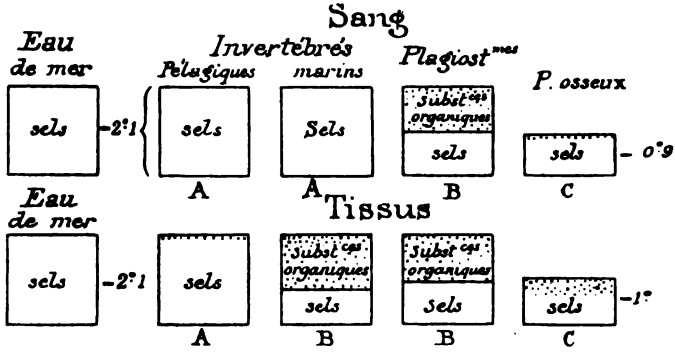
Comme Bunge (*), Quinton (**) et moi-même l'avons montré, le milieu nourricier intérieur des animaux marins se confond primitivement plus ou moins avec l'eau de mer extérieure. A mesure que l'organisme se perfectionne, le milieu intérieur s'isole de plus en plus du milieu extérieur, les surfaces d'échange (branchie, intestin) devenant de moins en moins perméables (stades A, B, C).

Les tissus solides des animaux marins nous montrent une évolution analogue (stades A, B, C); eux aussi s'isolent et s'émancipent graduellement de l'influence du milieu extérieur. Mais chez eux, cet isolement est réalisé beaucoup plus tôt que pour les liquides nourriciers. Les tissus de la plupart des Invertébrés marins en sont déjà au stade B (faible teneur saline), alors que leur sang en est au stade A typique.

On peut représenter graphiquement les relations qui existent entre la concentration moléculaire du sang et des tissus des différents animaux aquatiques et la concentration moléculaire de l'eau dans laquelle ils vivent.

(*) *Lehrb. der physiol. u. pathol. Chemie,* Leipzig, 1887, p. 118.
(**) *Comptes rendus de la Soc. de biol.*, 11 mars 1899.

Représentation graphique de la concentration moléculaire et de la teneur saline du sang et des tissus des animaux marins.



Ces recherches ont été exécutées à la *Stazione zoologica* de Naples au printemps de 1901. J'y ai toujours été abondamment pourvu de matériaux frais, grâce à l'obligeance inépuisable de M. le Dr Lo Bianco. Je lui dois aussi la détermination des espèces utilisées. M. le Dr Nathansohn a bien voulu m'initier à la pratique des procédés de dosage et de recherche des nitrates. Enfin, M. le professeur Mayer m'a communiqué plusieurs indications bibliographiques.

Je tiens à leur exprimer ici tous mes remerciements.

—

Sur la détermination de la constante de l'aberration au moyen des observations de Struve (deuxième note); par F. Folie, membre de l'Académie.

Comme je le disais dans ma dernière note, la négligence des termes solaires chandlériens infirme complètement la détermination faite par Struve de la constante de l'aberration.

J'ai introduit ces termes dans les équations définitives de Struve et les ai ensuite éliminés. On trouvera ci-dessous le tableau des équations résultantes, dans lesquelles tous les termes sont multipliés par 100.

La première colonne est celle des poids, les autres, celles des corrections du lieu moyen, x, et de la constante 20″445, y, de la parallaxe p, et des résidus.

J'avais espéré que de l'ensemble de ces équations on pourrait déduire une valeur très correcte de la constante de l'aberration, en même temps que de la vitesse systématique.

On constatera, en effet, une coïncidence très remarquable, en général, entre les signes des coefficients de l'aberration et de la parallaxe et ceux des résidus. Cette coïncidence témoigne aussi bien en faveur de la nécessité de l'élimination des termes solaires que de la précision des observations de l'illustre astronome. Elle rend tout à fait inapplicables les méthodes de T. Mayer et de Cauchy, et exigera une grande précision dans l'emploi des moindres carrés.

Je m'étais dit que les termes eulérien et chandlérien,

étant indépendants de l'ascension droite comme de la déclinaison, se compenseraient mutuellement dans l'ensemble des observations qui ont été faites à des dates assez uniformément réparties pendant les années 1840 à 1842.

Il pourrait en être ainsi dans le cas, admis à tort par les astronomes, d'*une seule* nutation initiale.

Mais j'ai démontré qu'il en existe deux parfaitement distinctes : l'*eulérienne*, commune à la fois à l'écorce et au noyau terrestre; la *chandlérienne*, propre à l'écorce seule (*); et des longues séries de latitudes déterminées à Greenwich et à Poulkova, j'ai conclu que ces deux nutations sont à peu près de même importance (**).

Dans ce cas, le caractère de leurs périodes, auquel on n'a prêté aucune attention, fait que la négligence de ces termes est presque aussi funeste que celle des termes solaires chandlériens dans la recherche de l'aberration.

En effet, l'ensemble des deux termes de la nutation initiale aura alors pour coefficient

$$\gamma\left[\cos(\beta + \iota t) + \cos(\beta' + \iota' t)\right];$$

les périodes des deux arguments sont de 300 et 430 jours environ.

Ce coefficient peut s'écrire

$$2\gamma\cos\left(\beta_1 + \frac{\iota + \iota'}{2}t\right)\cos\left(\beta_2 + \frac{\iota - \iota'}{2}t\right).$$

(*) *Théorie du mouvement de rotation de l'écorce solide du globe.*

(**) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), novembre 1898 et avril 1900.

En désignant par T et T′ les périodes eulérienne et chandlérienne, la période du premier facteur sera $\frac{TT'}{T+T'}$ = 354 jours environ, celle du second $\frac{TT'}{T'-T}$ = 1985 jours.

C'est donc le premier facteur qui exercera surtout son influence, et, comme sa période diffère peu de l'année, cette influence s'exercera encore au détriment de la recherche proposée de la constante de l'aberration.

Pour tirer des observations de Struve tout le parti qu'on peut en attendre, il importe donc d'introduire les termes eulérien et chandlérien, en même temps que les termes solaires.

Si toutefois un astronome voulait trancher la question de savoir si la constante adoptée 20″47 est encore trop faible (ce qui paraît résulter des équations ci-dessous), il pourrait avantageusement faire usage de celles-ci.

Pour abréger le travail, on considérerait x et p comme ayant la même valeur dans les sept séries. Les valeurs qu'on trouverait pour ces deux inconnues n'auraient pas grande signification; mais celle de y donnerait la correction de la constante 20″445 de Struve, et son erreur probable, la mesure de la précision du résultat obtenu.

Pour déterminer les parallaxes des sept étoiles, ainsi que la vitesse systématique, il est indispensable, je pense, d'introduire les deux nutations initiales (*).

(*) Le calcul de la vitesse systématique, qui n'introduit qu'une inconnue de plus, pourrait toutefois se faire très avantageusement en employant le système complet des équations de condition; il suffirait d'ajouter à chacune d'elles le terme dépendant de la vitesse systématique, tel qu'il est donné dans notre précédente note. On aurait ainsi un système à quatre inconnues seulement, x, k', y et p, dont la résolution par les moindres carrés ne serait pas excessivement laborieuse

C'est un travail que je compte entreprendre.

p.	β Cass.			
3	885 x	— 19 y	+ 43. p	= 43
3	1139	— 24	+ 31.	— 44
1	416	— 8	— 14	— 11
2	— 167	+ 41	+ 34	— 35
1	— 669	17.	— 42.	— 42
1	— 928	24	— 44	— 28
1	— 1065	27.	— 40.	— 24.
4	— 1091	28.	— 38	— 35
1	— 998	26.	— 25	0.
1	— 902	25	— 15	— 14
1	— 451	15	+ 4	16
2	— 186	— 13.	17.	5.
3	+ 93	0	26	30
1	+ 893	18.	43.	18.
3	+ 976	— 21	47	10.
2	+ 1169	— 25	44.	45.
5	+ 154	— 5	— 20	— 41.
1	— 773	— 8.	17	— 12.
1	— 956	+ 23	— 45.	— 34

et déterminerait, je pense, y et surtout k' avec une grande précision. Pour que les équations de condition ne laissent rien à désirer, il est utile d'y introduire les termes du second ordre provenant de la combinaison de l'aberration annuelle avec la nutation et l'aberration systématique; ils ont pour coefficients respectifs 0″0009 et 0″0005. Sans l'introduction de ces termes, il n'est pas possible de déterminer la constante de l'aberration à moins de 0″001 près.

p.	δ Cass.			
1	— 1770 x	— 28 y	— 56 p	= — 33
1	65	+ 44	+ 77.	90
2	345	55	81	132 *
2	1005	— 54	81	95
1	1425	54	72	51
2	1570	52	68	44.
1	1685	51	62	38
1	1740	48.	61	61
1	925	— 25	— 54	— 83
2	80	— 44	— 75	— 97.
1	665	— 54	— 91	— 107
1	— 1280	— 53	— 70.	— 59
1	— 1620	— 46	— 54.	— 30.
4	— 1700	— 40	— 45	— 38.
1	1750	— 22.	— 15	— 6
1	— 1655	— 16	0	1
3	— 1105	+ 15	+ 40	30.
1	— 720	27.	56	85
1	— 400	35	67.	100.
1	— 275	38	71	82.
1	1180	55.	78	64
2	1570	52	68.	77
2	1870	40.	34.	16
3	630	— 34	— 65.	76.
3	355	— 41.	— 71.	— 80
1	— 830	— 55	— 79	— 94
1	— 1000	— 54.	— 77	— 53
1	— 1335	— 53.	— 71	— 59

p.	υ Urs. Maj.			
2	— 889 x	— 121 y	— 20 p	— 68
4	— 888	— 111	— 16	62.
3	— 670	— 96	— 21	50,7
2	— 492	— 78.	— 19	39
2	— 250	— 57	— 30.	— 33
1	— 1440	113	— 30.	— 18
4	1513	114.	— 5	— 60.
3	1209	125.	11.	— 85.7
2	1159	118.	13.	— 73
1	— 1344	— 142	9.	102.
2	— 1324	— 140.	6	46
1	— 1306	— 142	4.	70
1	— 1201	— 136.	— 3	87
2	— 1086	— 128.	— 8.	42
3	— 1011	— 123.	— 11.	69,3
4	— 850	— 111	— 15.	59,25
2	— 760	— 99	— 20	48.
7	— 371	— 66	— 26	50.
2	+ 1454	143.	— 9	— 53
2	1380	145	— 5.	— 70
4	1022	122	+ 11.	— 55
3	— 601	12	36.	— 47
4	— 1182	— 46	18.	12
1	— 1502	194.	18.	40
1	— 916	— 124.	— 11	38.
3	— 722	— 113	— 15	60,7
4	— 456	— 105.	— 20	62.
4	— 70	— 73	— 27	37.
3	1414	130.	4	— 85

p.	ι Drac.			
1	— 780 x	+ 44. y	+ 104 p	— 41
2	— 925	18.	109	36
1	— 960	21	106.	26.
1	— 1050	21.	103	29.
6	— 1080	22	91	14.
2	— 1065	23	86.	16
6	— 950	19	57.	13,3
1	— 845	17	42	11
2	+ 165	— 2	— 65.	— 9
1	240	— 28	— 70	+ 4
2	1270	— 23	— 84	— 9,3
1	1180	— 20	— 63	— 35.
1	1045	— 17	— 41	— 5
1	835	— 13	— 15	— 1.
5	— 500	13	95	12.4
2	— 1045	20.	77.	28.
3	— 985	20	64	— 7
2	+ 200	— 1.	— 64	— 8
1	435	— 4	— 80	— 81 *
1	1000	— 18.	— 97	— 9
1	1110	— 14	— 101	— 22
3	810	— 12.	— 11	+ 28
1	270	+ 12.	— 88	+ 21
1	— 1160	18	91.	18.
1	— 1200	21.	79.	— 1
1	— 1180	19.	63	+ 6

N. B. — On fera abstraction, comme défectueuses, des deux observations marquées d'un astérisque; elles ont, du reste, été rejetées par Struve, ainsi que plusieurs autres que nous avons cru utile de conserver.

Le point après un nombre signifie $^1/_2$.

p.	o Drac.			
3	— 535 x	— 84 y	+ 7. p	= — 23.
4	— 585	— 78	+ 9.	— 30.
1	— 600	— 63	— 2	— 39.
1	+ 445	+ 80	— 18	+ 40.
1	565	91	— 5.	47
2	705	68	+ 1	39
1	770	44.	8.	— 9
6	115	— 52.	14	— 29,3
1	— 470	— 80.	5	— 56
1	— 605	— 71.	2	— 64.
3	— 275	— 51.	+ 4	— 36.
1	— 275	10	— 17.	— 7
4	25	44	— 21	21
1	235	200	49	49
6	795	70.	20.	37.
2	795	55.	— 3.	47.
4	— 290	— 73	3	— 36

p.	6 Drac.			
7	— 3090 x	+ 30. y	— 691 p	= — 44,3
1	— 3075	34	— 731	— 40.
4	— 3282.	35.	— 738	— 58,75
3	3377	34.	— 707	— 47,7
1	3320	— 35.	+ 745	+ 50
1	3050	— 33	652	56
1	2200	— 23.	316	32.
3	— 3285	+ 34.	— 737	— 81,3
1	— 3145	35	— 741	— 56
2	+ 3280	— 34	+ 700	63.

p.	Ceph. 2.				
1	— 2020 x	+ 177 y	+ 9 p =	18.	— 2
1	— 1870	+ 168.	+ 3.	32.	14
1	765	— 202.	— 16	— 5	2.
1	2105	— 152.	+ 5	— 27.	— 6.
1	— 1840	+ 172	+ 6	2.	— 16.
1	— 1880	+ 158.	— 1	21	2
3	2150	— 193.	— 20.	— 9.	12
1	2005	— 179	— 9.	— 9	11
3	— 1670	+ 205	+ 19.	+ 11	— 6

La seconde colonne de résidus a été obtenue en changeant x en x — 0.01.

On pourrait arriver de même à réduire considérablement les résidus dans la plupart des séries, ce qui rendrait plus aisé le calcul des équations normales.

MATÉRIAUX POUR L'HISTOIRE DES TEMPS QUATERNAIRES EN BELGIQUE; par Julien Fraipont, correspondant de l'Académie.

I.

Un repaire d'ours dans la grande caverne d'Engihoul (Engis).

(*Exploration faite sous les auspices de l'* « *Elisabeth Thompson science Fund* ».)

Le Dr Schmerling, dans son ouvrage classique sur les cavernes de la province de Liége (1), décrit deux grottes dans la localité d'Engihoul.

---

(1) Dr SCHMERLING, *Recherches sur les ossements fossiles découverts dans les cavernes de la province de Liége.* Liége, 1834, vol. I, pp. 33-37.

L'une était située à mi-hauteur de la colline, à 60 mètres au-dessus du niveau du fleuve, et ouverte vers le nord, par une baie de 80 centimètres de haut sur 1 mètre de large; sa longueur totale était de 33 mètres. La roche dans laquelle cette grotte était creusée a été complètement enlevée par les travaux de carrière.

Schmerling y avait recueilli des os d'ours, de blaireau, de glouton, de renard, de ruminants, d'oiseaux et de nombreux ossements humains provenant, d'après moi (1), d'une sépulture néolithique.

La seconde caverne renseignée par le même auteur est située dans le ravin d'Engihoul, à deux cent trente pas de la première grotte; elle a une vingtaine de mètres de profondeur. Schmerling y a recueilli un certain nombre d'ossements, parmi lesquels il cite les restes d'un *Ursus priscus*.

Le Dr Schmerling, qui est mort en 1836, n'a jamais connu la grotte dont je vais m'occuper et dont l'entrée fut découverte en 1855.

Elle est creusée dans un mamelon de rocher appartenant au calcaire carbonifère supérieur, situé à droite et à l'entrée du ravin d'Engihoul, à 375 mètres du pont d'Engis. Ce rocher est englobé dans une vaste carrière encore en activité, faisant partie du domaine de feu le baron de Goer, qui m'avait généreusement autorisé à explorer le souterrain.

Celui-ci ne devait pas être bien éloigné de la première grotte dont parle Schmerling.

---

(1) Cette opinion est basée sur l'étude que j'ai faite de ces ossements humains qui se trouvent dans les collections de l'Université de Liége.

Notre caverne, que nous appellerons : la *Grande Caverne d'Engihoul,* possède deux entrées, l'une située à l'ouest, dans les escarpements de rocher qui regardent la Meuse, l'autre ouverte vers l'est, au pied de la roche dans le ravin d'Engihoul.

L'entrée ouest était jadis à une altitude un peu plus élevée et plus rapprochée de la Meuse de 30 à 40 mètres. Les travaux d'exploitation de la carrière ont fait disparaître une longueur correspondante de galeries et de chambres.

Actuellement, l'entrée ouest est double et se trouve à 25 mètres d'altitude au-dessus du niveau moyen de la Meuse, à 375 mètres de distance de ce fleuve. Les deux orifices se prolongent en deux galeries d'environ 7 mètres de long, aboutissant à une première salle. L'un des couloirs est aujourd'hui clôturé et sert de magasin à poudre. L'autre ouverture, restée libre, mesure 1 mètre à $1^{m},50$ de haut sur 2 mètres de large. Le couloir, qui en part, est de 1 à 2 mètres de hauteur sur 2 à 4 mètres de largeur; il conduit par une pente raide à une première chambre dont l'altitude est à 15 mètres au-dessus de la Meuse, c'est-à-dire à 10 mètres en contre-bas de l'entrée. Cette salle a 10 mètres de long sur 9 mètres de large et 3 à 4 mètres de haut.

Vient ensuite une deuxième excavation mesurant 8 mètres de longueur sur 3 mètres de largeur et variant de 6 à 12 mètres de hauteur; elle se trouve à 18 mètres au-dessus du niveau du fleuve. Un couloir de 9 mètres de long sur 2 mètres de large et 1 mètre de haut en part et va déboucher dans une troisième chambre.

Celle-ci a 4 mètres de long sur 3 mètres de large et

2m,50 de haut et elle est située à 25 mètres au-dessus du niveau de la Meuse, à la même altitude que l'entrée.

De là, on pénètre dans une quatrième salle s'étendant vers l'est et qui mesure 14 mètres de longueur sur 3 mètres de largeur et 2 à 4 mètres de hauteur; son altitude est de 30 mètres au-dessus du niveau du fleuve. Elle s'ouvre dans une cinquième excavation qui est la plus spacieuse.

Nous l'appellerons la *Grande Salle;* elle a 20 mètres de longueur sur 18 mètres de largeur et 3 à 4 mètres de hauteur moyenne; son altitude est de 30 à 35 mètres au-dessus du niveau de la Meuse; la paroi du fond est à 80 mètres de l'entrée ouest. En deux points la voûte est percée de deux larges cheminées, dont il m'a été impossible de sonder la profondeur. Jadis elles étaient sûrement en communication avec la surface du plateau, mais leurs orifices sont actuellement bouchés. Leurs parois corrodées montrent les traces évidentes du passage des eaux sauvages. L'une de ces galeries verticales, située à l'extrémité *est* de la salle, se prolongeait en un couloir en forme de puits large de plusieurs mètres et descendait à plusieurs mètres de profondeur pour gagner ensuite par une pente plus ou moins rapide le ravin d'Engihoul. Là elle débouchait au niveau de la route par un orifice réduit à 40 ou 50 centimètres de diamètre. Le puits et la galerie étaient presque complètement obstrués par des dépôts meubles.

Au surplus, le sol des différentes salles et couloirs était recouvert d'une terre grisâtre, jaunâtre ou brunâtre, contenant des blocaux de la roche encaissante, des cailloux roulés, des rognons de silex brut et de nombreux ossements d'animaux. Ces dépôts remplissaient certains couloirs jusqu'à la voûte. Ils avaient une épaisseur, variant

d'un point à l'autre de la caverne, depuis 20 centimètres jusqu'à 6 mètres. Ils étaient séparés, à certaines places, par des couches de stalagmites, pouvant atteindre jusqu'à 50 centimètres d'épaisseur. En d'autres points, ils étaient transformés en une véritable brèche, par infiltration des eaux chargées de calcaire.

Depuis 1855, la caverne avait été visitée à diverses reprises et son sol fouillé de-ci de-là. On avait recueilli, notamment dans les quatre premières salles et dans les couches superficielles de la cinquième, bon nombre d'ossements d'ours. Mais ces fouilles n'avaient jamais pu être poursuivies méthodiquement, à cause des difficultés d'exploration et surtout à cause de l'impossibilité de transporter les déblais à l'extérieur.

Dès 1889, j'avais tenté l'exploration de la *Grande Salle*, dont les dépôts étaient restés intacts dans sa plus grande étendue. En 1890, je reçus une subvention de l'institutiona méricaine : « Elisabeth Thompson science Fund », de Boston, destinée à l'exécution de ce travail. J'y ai consacré deux campagnes de fouilles en 1890 et en 1891, aidé de M. Pierre Destinez, préparateur de géologie à l'Université de Liége et de deux ouvriers spéciaux (1).

Il fallait tout d'abord établir une communication avec l'extérieur, afin que le transport des déblais pût facilement se faire. La série de 60 mètres de couloirs et d'excavations donnant accès par l'ouverture ouest ne pouvait pas être utilisée dans ce but. Leur sol était trop accidenté et les pentes trop abruptes pour pouvoir trans-

(1) La publication des résultats scientifiques de ces fouilles a été retardée jusqu'aujourd'hui par l'étude comparative, très ardue, des restes d'ours fossiles, que j'ai entreprise à cette occasion.

porter les déblais, même dans des paniers. Je me décidai à utiliser le couloir communiquant avec la grande salle par l'ouverture *est*. Mais l'entrée avait été rendue impraticable depuis la construction de la route d'Engis à la Neuville, dont le niveau avait été surélevé de plusieurs mètres au-dessus de l'ancien fond du ravin. Nous avons rétabli en partie l'ouverture dans ses proportions anciennes, en creusant le sol en contre-bas de la route. Nous nous sommes trouvés alors en présence d'un couloir à plancher irrégulier, obstrué en partie par des dépôts meubles et souvent rétréci en boyau. Nous l'avons fait déblayer, rectifier, niveler et élargir de façon à pouvoir y circuler avec une brouette et des paniers. Nous avons ainsi obtenu une galerie horizontale de 32 mètres de longueur, s'étendant presque en ligne droite de l'est à l'ouest, ayant une largeur de 2 mètres et une hauteur de 2 à 4 mètres.

Un plan incliné de 5 à 6 mètres de longueur nous amène ensuite au fond de l'excavation en forme de puits, communiquant avec la grande salle, mais à 9 mètres en contre-bas de celle-ci. Pour y arriver, nous avons fait exécuter un escalier de 15 mètres d'étendue.

Ces longs et pénibles travaux accomplis, il nous a été facile de fouiller méthodiquement la grande salle, en pratiquant de larges tranchées dans toute l'épaisseur des dépôts meubles. Ceux-ci, au niveau de la cheminée est, avaient 6 mètres de puissance, mais leur épaisseur moyenne dans la grande salle ne dépassait pas $2^m,75$ et tombait en certains points à 30 ou 40 centimètres.

Nous avons extrait de cette excavation environ 1,000 mètres cubes de dépôts meubles et de très nombreux ossements fossiles.

Partie géologique.

Les dépôts ont la même signification, la même origine et la même constitution dans toute leur épaisseur; c'est de l'argile du plateau et de l'argile de ruissellement de pente, contenant des cailloux roulés, des rognons de silex, etc., entraînés par les eaux sauvages à travers les galeries verticales ou obliques. En beaucoup d'endroits, l'argile, d'après son ancienneté et sa situation dans la grotte, avait un aspect différent. Il était possible de distinguer trois couches superposées de couleurs différentes :

A. *Couche supérieure* de terre grise ou jaune, de 1 mètre à $1^{m},50$ de puissance, avec cailloux roulés, rognons de silex, blocaux de la roche encaissante et ossements d'animaux.

B. *Couche moyenne* de terre brune de 50, centimètres à 1 mètre de puissance, contenant les mêmes éléments que la couche supérieure.

C. *Couche inférieure* de terre brunâtre ou noirâtre, souvent très calcareuse par infiltration, devenant quelquefois bréchiforme et alors blanchâtre. Le reste de son contenu est comme dans les couches précédentes, mais renferme beaucoup moins d'ossements. Ce dépôt pouvait atteindre 1 mètre d'épaisseur en certains points de la salle et manquait complètement en beaucoup d'endroits.

Partie paléontologique.

La presque totalité des ossements recueillis dans les trois couches appartiennent à des ours et à des sangliers.

*Ossements d'*Ursus. — Je m'occuperai d'abord des ossements d'ours. Presque tous étaient brisés par le tassement des terres et par les éboulis, mais les morceaux étaient le plus souvent *juxtaposés*. La couche supérieure contenait près de deux fois plus d'ossements de ceux-ci que la couche moyenne, et la troisième beaucoup moins que les deux autres.

Les os étaient bien conservés et d'une belle coloration jaune dans les deux premières couches; tandis qu'ils étaient en beaucoup plus mauvais état dans la troisième et presque toujours de couleur noire. Cependant, dans les parties bréchiformes de la troisième couche, ils étaient très solides, parce qu'ils étaient fortement imprégnés de carbonate de calcium, mais on ne pouvait les dégager de leur gangue calcaire sans les briser.

Ces ossements se rapportent à plus de soixante individus, appartenant presque exclusivement à deux variétés de l'*Ursus spelaeus*, que j'appellerai pour le moment, avec MM. Delbos (1) et Gaudry (2) : *Ursus spelaeus*, var. *major*, et *Ursus spelaeus*, var. *minor*. Les deux variétés se sont rencontrées dans toute l'épaisseur des dépôts et aux trois

(1) Delbos, *Bull. de la Soc. géol. de France*, 1860, 2e sér., t. XVIII.

(2) Gaudry et Boule, *Matériaux pour l'histoire des temps quaternaires*. Paris, 1892, 4e fasc., p. 108.

niveaux. Soixante-quinze à quatre-vingts pour cent des ossements appartiennent dans les deux couches supérieures à la variété *minor*, 18 à 25 °/₀ à la variété *major* et 1 à 5 °/₀ devraient être rapportés à d'autres espèces, en s'en tenant aux caractères odontologiques admis généralement comme distinctifs au point de vue spécifique.

Je possède notamment plusieurs demi-mâchoires inférieures d'adultes pourvues de l'alvéole de la première ou de la deuxième prémolaire, qu'il faudrait rapporter à *Ursus priscus* (?) [*Ursus ferox* (?) - *Ursus arctos* (?)], et une demi-mâchoire de petite taille, d'un adulte, pourvue des alvéoles des trois prémolaires, répondant à la dentition d'*Ursus arvernensis* du Pliocène ou d'*Ursus americanus* actuel. L'*Ursus spelaeus*, var. *major*, était relativement plus abondante dans la troisième couche.

J'ai pu reconstituer un squelette complet (sauf la tête) d'*Ursus spelaeus*, var. *major*, et je possède les éléments pour monter plusieurs spécimens de la variété *minor*, dont j'ai recueilli cinq crânes entiers d'adultes, mesurant environ 40 centimètres de long sur 23 à 25 centimètres de large.

Les ossements des deux variétés se rapportent à de vieux individus, à de nombreux adultes, à de plus nombreux jeunes de toutes tailles, possédant leur dentition de lait, et même à des fœtus.

J'ai transcrit dans le tableau n° I l'inventaire des os appartenant aux deux variétés et classés par couches.

Je n'ai pas cherché à distinguer, au point de vue de ces variétés, les os des extrémités des membres, à cause de la difficulté du travail et de son peu d'intérêt.

TABLEAU I.

	PREMIÈRE COUCHE.			DEUXIÈME COUCHE.			TROISIÈME COUCHE.		
	Major.	Minor.	Jeunes.	Major.	Minor.	Jeunes.	Major.	Minor.	Jeunes.
Crânes	—	5	—	—	—	—	—	—	—
Fragments de crânes . . .	p. nomb.	gr. nomb.	20	—	—	—	5	—	—
Mâchoire inférieure	—	3	—	—	—	—	—	—	—
Demi-mâchoire	D. 5.	D. 15 G. 11	D. 17 G. 23	4	D. 7 G. 5	D. 8 G 10	3	—	—
Incisives isolées	10	40	100	5	20	40	—	7	—
Canines	5	35	60	6	23	25	5	23	—
Quatrième prémolaire . . .	5	20	35	—	4	8	—	1	—
Molaires	5	45	150	3	20	43	2	15	—
Vertèbres	30	150	gr. nomb.	20	50	nomb.	5	10	—
Atlas	—	13	nomb.	—	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Axis	—	9	nomb.	—	12	nomb.	—	—	—
Côtes (fragments)	gr. nomb.	tr. gr. n.	gr. nomb.	—	—	—	—	—	—
Omoplates (fragments)	gr. nomb.	tr. gr. n.	nomb.	—	—	—	—	—	—
Bassin	2	4	—	—	—	—	—	—	—
Bassin (fragments)	nomb.	tr. nomb.	nomb.	—	—	—	—	—	—
Sacrum	1	3	—	—	—	—	—	—	—
Sacrum (fragments)	nomb.	nomb.	nomb	nomb.	nomb.	nomb.	—	—	—
Humérus	5	19	39	2	6	40	2	—	—
Radius	4	23	15	3	8	16	—	—	—
Cubitus	3	22	31	2	7	30	2	—	—
Pisiforme	D. 8 G. 10			D 3 G 2			—	—	—
Grand os	D. 5 G. 4			D. 3 C. 2			—	—	—
Unciforme	D. 4 G. 6			D 1 G 4			—	—	—
Cunéiforme	D. 4 G. 3			D. 6 G. 3			—	—	—

TABLEAU I (*suite*).

	PREMIÈRE COUCHE.			DEUXIÈME COUCHE.			TROISIÈME COUCHE.		
	Major.	Minor.	Jeunes.	Major.	Minor.	Jeunes.	Major.	Minor.	Jeunes.
Trapézoïde	D. 3 G. 6			D. 4 G. 5			—	—	—
Premier métacarpien	D. 7 G. 12			D. 4 G. 6			—	—	—
Deuxième métacarpien . . .	D. 8 G. 9			D. 5 G. 6			D. 1 G. 1		
Troisième métacarpien . . .	D. 15 G. 12			D. 4 G. 3			D. 1 G. 3		
Quatrième métacarpien . . .	D. 5 G. 9			D. 8 G. 3			—		
Cinquième métacarpien . . .	D. 10 G. 8			D. 2 G. 2			D. 1 G. 0		
Fémur	7	20	24	—	6	—	3	1	—
Tibia	2	20	30	2	5	—	2	2	—
Péroné.	2	13	—	—	—	—	—	—	—
Astragale	D. 3 G. 1	D. 12 G. 17	D. 4 G. 1	D. 2 G. 1	D. 9 G. 10	D. 2 G. 2	2	5	—

Calcanéum	D.1 G 1	D.16 G.20	5	D.1 G.1	D.29 G.22	—	—	—	—
Premier cunéiforme	—	—	—	—	4	—	—	—	—
Deuxième cunéiforme. . . .	—	4	—	—	—	—	—	—	—
Cuboïde	—	D. 3 G. 4	—	1	1	—	—	—	—
Scaphoïde.	—	D. 4 G 2	—	—	1	—	—	—	—
Premier métatarsien	D. 8 G. 6			D.4			D.3		
Deuxième métatarsien . . .	D. 5 G. 4			D.5 G.8			D.1 G.1		
Troisième métatarsien . . .	D.17 G.10			D.1 G.1			—	—	—
Quatrième métatarsien . . .	D. 7 G. 5			D.6 G.2			—	—	—
Cinquième métatarsien . . .	D. 9 G.12			D.1 G.3			—	—	—
Premières phalanges	2			20			—	—	—
Deuxièmes phalanges. . . .	10			8			—	—	—
Troisièmes phalanges. . . .	30			7			—	—	—
Sésamoïdes	14			15			—	—	—

Ces ossements proviennent d'un grand nombre de générations d'ours *ayant habité* la caverne, probablement pendant une succession de plusieurs siècles à l'époque quaternaire. La plupart ne sont pas morts de vieillesse, mais par accidents. La grande proportion de jeunes sujets et des adultes indique que plus d'une fois des familles entières ont dû périr, surprises par les eaux qui s'engouffraient dans certaines parties de ces souterrains, à certains moments, par exemple lors de forts orages ou pendant de grandes pluies.

Ossements de Sus scrofa. — Nous avons recueilli aussi dans les deux couches supérieures un très grand nombre d'ossements de *Sus scrofa*, mais dans un tout autre état et dans une tout autre situation que ceux appartenant aux ours. Ils étaient *tous brisés* et disposés par petits tas, abondants surtout dans la couche moyenne. Ils représentent sûrement les reliefs des repas de nos ours, tout au moins de leurs jeunes familles. Ils se rapportent à notre espèce actuelle de sangliers; mais ceux-ci n'ayant pas encore à compter avec l'homme d'une façon appréciable, devaient atteindre une taille colossale, si on en juge par les dimensions des canines que nous avons recueillies; toutefois, la majorité des restes se rapporte à de jeunes sujets. Ils ont appartenu à plus de cinquante individus.

Je donne dans le tableau n° II l'inventaire des ossements classés par couches.

TABLEAU II.

	PREMIÈRE COUCHE.		SECONDE COUCHE.	
	D.	G.	D.	G.
Fragments de crânes	nomb.	nomb.	tr. nomb.	tr. nomb.
Mâchoire inférieure.	12	9	8	9
Incisives supérieures	57	54	125	112
Canines supérieures	9	9	51	40
Canines inférieures.	6	3	72	68
Molaires supérieures	52	44	60	65
Molaires inférieures.	40	57	65	60
Prémolaires supérieures . . .	48	48	136	97
Prémolaires inférieures . . .	—	—	97	95
Vertèbres	nomb.	nomb.	gr. nomb.	gr. nomb.
Omoplates	2	8	13	16
Humérus	—	—	17	20
Radius	—	—	12	18

TABLEAU II (*suite*).

	PREMIÈRE COUCHE.		SECONDE COUCHE.	
	D.	G.	D.	G.
Cubitus	3	5	31	21
Carpiens.	12	8	93	70
Métacarpiens	12	4	15	12
Phalanges, première rangée. .	21		145	
Phalanges, deuxième rangée. .	14		139	
Phalanges, troisième rangée. .	14		190	
Bassin	16		23	
Fémur	10		25	
Tibia.	11		24	
Astragales	3	5	40	39
Calcanéum.	16	20	29	22
Tarsiens.	6	8	55	63
Métatarsiens	3	1	13	8
Phalanges	Voir plus haut.		Voir plus haut.	

Ossements divers. — Quelques rares débris d'autres animaux étaient mêlés aux ossements d'ours et de sangliers dans les trois couches.

En voici la liste :

Felis spelaeus, deux canines et cinq métacarpiens ;
Felis cattus, dix canines ;
Hyaena crocuta, trois fragments de mâchoire inférieure, six canines et quinze molaires ;
Canis lupus, trois fragments de mâchoire inférieure et huit canines ;
Canis vulpes, trois fragments de mâchoire inférieure et cinq canines ;
Equus caballus, trois molaires ;
Bos primigenius, un calcanéum ;
Elephas primigenius, quelques lames de molaire.

Une partie de ces ossements a pu appartenir à d'anciens habitants de la caverne, quand celle-ci était abandonnée momentanément par les ours ; c'est le cas pour l'hyène, le loup, le renard, le lion. D'autres représentent peut-être aussi les reliefs de repas des ours. D'autres ont pu être entraînés dans la grotte par les eaux avec les dépôts meubles ; tel serait le cas des dents de cheval, du calcanéum de bœuf et des lames de molaire de mammouth.

Nous avons, enfin, recueilli dans les deux couches supérieures quelques silex taillés et peu caractéristiques. Faut-il supposer qu'ils ont été perdus dans la grande salle par l'homme quaternaire ou néolithique? Il est beaucoup plus vraisemblable qu'ils ont dévalé du plateau avec les terres.

Conclusions et généralités.

1° La grande caverne d'Engihoul a servi de repaire à de nombreuses générations d'*Ursus spelaeus*, et spécialement à la variété *minor*, pendant l'époque quaternaire.

2° L'étude des ossements d'ours de la grande caverne d'Engihoul, celle des ours provenant des fouilles du docteur Schmerling, des miennes dans les cavernes de la province de Liége, et de M. Dupont dans les grottes de la Lesse et de la Meuse, m'ont amené, avec de Blainville (1), Gaudry (2), Trutat (3) et quelques autres, à rejeter comme non fondées la plupart des espèces d'ours quaternaires établies sur la taille, la forme du crâne, la présence ou l'absence des trois premières prémolaires.

Mes propres observations m'ont conduit ainsi à considérer *Ursus arctoideus* de Blumenbach, *U. Pittorei* de Marcel de Serre, *U. giganteus, U. fornicatus, U. leodiensis* de Schmerling comme des variétés ou des races locales de l'*Ursus spelaeus* de Blumenbach.

3° Je suis arrivé aux mêmes conclusions que Trutat (4), au sujet de la variabilité de la forme du crâne des ours des cavernes, et je considère avec lui que l'un des caractères les plus fixes du squelette d'*Ursus spelaeus*, c'est la grande saillie des bosses frontales. Quant à « l'absence constante

---

(1) DE BLAINVILLE, *Ostéographie ou description iconographique comparée des Mammifères récents et fossiles*. Paris, 1839-1864, vol. II, pp. 87 et suiv.

(2) GAUDRY, *loc. cit.*, pp. 108 et suiv.

(3) TRUTAT, *Étude sur la forme générale du crâne chez l'ours des cavernes*. Toulouse, 1867, in-8°.

(4) *Idem.*, p. 18.

des petites prémolaires, tant au maxillaire supérieur qu'au maxillaire inférieur », ce n'est pas, comme cet auteur le dit, un caractère *invariable* de l'ours des cavernes. Nous possédons, dans les collections de l'Université de Liége, une vingtaine de maxillaires inférieurs d'adultes, et nous en avons compté un nombre aussi considérable dans celles du Musée royal d'histoire naturelle de Bruxelles, montrant l'alvéole de la première ou de la deuxième prémolaire. Je possède même un exemplaire où la racine de la petite prémolaire est encore en place.

L'absence des petites prémolaires chez l'adulte est certes un des caractères de l'*Ursus spelaeus* que l'on peut invoquer, *mais il n'est pas constant.*

J'ajouterai, avec Gaudry et Boule (1), qu'un autre caractère de la dentition de cette espèce quaternaire, c'est « le développement très considérable des molaires tuberculeuses et la complication de la quatrième prémolaire inférieure ». Le bord interne de celle-ci porte presque toujours deux denticules bien développés et souvent, en arrière, un troisième plus petit. J'ai rarement rencontré une forme de denticules telle que celle figurée par Gaudry.

4° Je pense aussi, avec Gaudry et Boule (1), que l'*Ursus spelaeus* lui-même et ses nombreuses variétés quaternaires ne constituent pas une espèce divergente, ne pouvant se rattacher à aucune forme ancestrale et ayant complètement disparu sans laisser de descendance ne pouvant se relier à aucune forme actuelle.

Nos ours des cavernes appartiendraient à un ou plu-

(1) GAUDRY et BOULE, *loc. cit.*, p. 109.

sieurs rameaux de la même série qu'*Ursus arctos* et *Ursus ferox*.

J'ai rencontré dans notre Quaternaire quelques mâchoires d'ours que l'on pourrait rapporter, d'après les caractères des dents et la persistance des prémolaires, à *Ursus arvernensis* du Pliocène moyen, ou *Ursus etruscus* du Pliocène supérieur, à *Ursus priscus* du Quaternaire, à *Ursus ferox* ou à *Ursus americanus* actuels.

D'autre part, le Musée de Stuttgard possède le squelette d'un ours de grande taille, tué sur la côte asiatique du détroit de Behring, présentant des caractères d'un haut intérêt. Le professeur Fraas m'écrit qu'il se rapproche de certains *Ursus spelaeus* (var. *sibyllina*, affinis *priscus*), que l'on rencontre dans les cavernes à dépôts quaternaires du Würtemberg, par la forme du front et l'énorme développement de la deuxième molaire supérieure, et que, d'autre part, il rappelle *Ursus arctos* par la présence des première, deuxième et troisième prémolaires, à la mâchoire supérieure, des première et deuxième prémolaires inférieures.

Peut-être, un jour, devrons-nous supprimer aussi de la nomenclature spécifique *Ursus spelaeus* lui-même, comme aussi *Ursus priscus* et *Ursus ferox*, pour les faire rentrer tous dans la série de l'*Ursus arctos*. Tel fut le sort d'*Hyaena spelaea*, aujourd'hui *Hyaena crocuta*, de *Gulo spelaeus*, devenu *Gulo fuscus*, et de tant d'autres formes quaternaires que l'on avait prises au début pour des espèces distinctes (1).

---

(1) Je publierai ultérieurement un mémoire avec planches sur nos ours quaternaires et sur leurs affinités avec les autres formes fossiles et vivantes

Contribution à l'étude du sulfate uraneux (*) ; par le docteur W. Oechsner de Coninck, professeur à l'Université de Montpellier.

Le sulfate uraneux, $SO^4U + 4H^2O$, que j'ai employé dans mes expériences, avait été préparé avec les mêmes précautions que le sulfate uranique dont j'ai eu récemment l'honneur d'entretenir l'Académie. Il était bien cristallisé et exempt de sels basiques.

J'ai d'abord mesuré la densité de quelques solutions aqueuses. Voici les résultats que j'ai obtenus avec la balance de précision :

Densités des solutions aqueuses du sulfate uraneux cristallisé.

TEMPÉRATURES.	QUANTITÉS °/₀ de sel dissous.	DENSITÉS.
+ 16°	1	1,0058
+ 16,8	2	1,0107
+ 16	3	1,0165
+ 17,8	4	1,0218
+ 17,2	5	1,0272
+ 18	6	1,0320
+ 18,3	7	1,0379
+ 17,4	8	1,0429
+ 15,2	9	1,0485
+ 15,6	10	1,0539

(*) Ces recherches ont été faites à l'Institut de chimie de la Faculté des sciences de Montpellier.

J'ai mesuré ensuite les densités des solutions du sulfate uraneux dans l'acide sulfurique et dans l'acide chlorhydrique étendus.

Densités des solutions du sulfate uraneux cristallisé dans SO^4H^2 (d = 1,14).

TEMPÉRATURES.	QUANTITÉS °/₀ de sel dissous.	DENSITÉS par rapport à l'acide sulfurique.	DENSITÉS par rapport à l'eau.
+ 18°,7	1	1,0038	1,1412
+ 18,3	2	1,0083	1,1494
+ 17,4	3	1,0123	1,1539
+ 17,6	4	1,0162	1,1583
+ 18,1	5	1,0204	1,1626

Densités des solutions du sulfate uraneux dans HCl (d = 1,046).

TEMPÉRATURES.	QUANTITÉS °/₀ de sel dissous.	DENSITÉS par rapport à l'acide chlorhydrique.	DENSITÉS par rapport à l'eau.
+ 16°	1	1,0063	1,0525
+ 17	2	1,0109	1,0572
+ 18	3	1,0154	1,0619
+ 18,4	4	1,0199	1,0667
+ 17,6	5	1,0243	1,0714

J'ai étudié la solubilité du sulfate uraneux cristallisé dans l'eau, mais j'ai rencontré une difficulté qui m'a empêché d'obtenir des résultats tout à fait satisfaisants. En effet, l'eau exerce une action décomposante sur le sulfate uraneux et le transforme en sels basiques. Ebelmen, qui a étudié, le premier, cette intéressante question, a obtenu et décrit un sel

$$SO^4U, UO + 2H^2O.$$

En variant les conditions de l'expérience, j'ai isolé un sel renfermant un léger excès de base. L'analyse, en effet, m'a donné des nombres conduisant très sensiblement à la formule

$$[SO^4U, UO + O, 5\,UO], 2H^2O,$$

ou bien

$$2[SO^4U, UO] + UO + 4\,H^2O.$$

Ce sel se distingue du sel d'Ebelmen par une solubilité beaucoup moins grande dans les acides minéraux, et surtout dans l'acide sulfurique étendu.

Dans une autre note, je me propose de faire connaître à l'Académie la solubilité du sulfate uraneux dans l'eau.

—

Action de l'électricité sur le brouillard;
par M. Vandevyver, répétiteur à l'Université de Gand.

L'influence de l'électricité sur la précipitation de l'humidité atmosphérique est une question qui intéresse vivement les météorologistes; aussi ne laissent-ils échapper aucune occasion de nature à augmenter la somme de nos connaissances dans cette voie.

Récemment encore, M. Arthur Marshall, du service chimique de l'Arsenal de Woolwich, a publié dans la *Nature* anglaise un article dans lequel il étudie cette influence. Les expériences de l'auteur eurent pour théâtre les collines crayeuses du sud-est de l'Angleterre, et portèrent surtout sur les effets produits par l'électricité statique. D'après lui, cette électricité favoriserait la condensation de la vapeur.

D'autre part, la météorologie nous apprend que les nuages présentent parfois des mouvements d'une nature particulière et très peu expliqués. Souvent, et cela pendant les orages ou les grains orageux, il se produit des mouvements tourbillonnaires autour d'axes horizontaux ou sensiblement horizontaux; parfois même des lambeaux de nuages participent à ces mouvements et semblent rejetés loin de l'axe. On a cru voir dans ces tourbillons une cause facilitant la formation de la grêle, etc.

Ces deux questions nous paraissent connexes, et comme elles intéressent au plus haut degré la mécanique de l'atmosphère, nous nous sommes demandé s'il n'y avait pas moyen d'étudier de plus près l'action de l'élec-

tricité sur les nuages ou sur les brouillards, leur composition étant identique.

On conçoit sans peine la difficulté de pareilles études faites sur la nature elle-même; elles exigeraient la réunion d'une série de conditions quasi irréalisables, ou tout au moins très dangereuses à réaliser. Ascension aérostatique dans une zone orageuse, arrivée à point, à hauteur voulue, etc., permettant d'étudier la nature sur le vif, etc. Il me paraît certain que si des renseignements sérieux nous parviennent jamais à la suite de semblables observations, c'est que l'heureux observateur aura été favorisé par le plus grand des hasards!

Aussi ai-je cherché à effectuer des expériences de laboratoire, et voici le dispositif que j'ai adopté pour étudier l'action de l'étincelle électrique sur les brouillards.

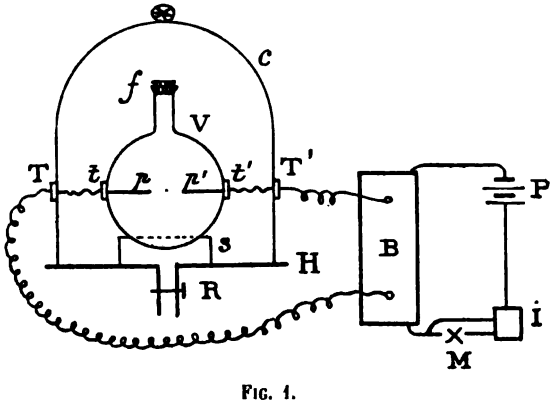


Fig. 1.

Sur le plateau indépendant H d'une machine pneumatique, je place une cloche en verre C à deux tubulures

T et T′; à l'intérieur de la cloche, sur un support de liège S, est un ballon V également à deux tubulures latérales *t*, *t′*; ces ouvertures sont obturées par des bouchons en caoutchouc fortement ficelés aux tubulures. Ces bouchons sont traversés par des fils de cuivre *p*, *p′*, dont on peut rapprocher ou écarter les extrémités. Les tubulures T et T′ de la cloche sont aussi fermées par des bouchons en caoutchouc traversés par des tiges en cuivre que l'on relie à l'intérieur de la cloche aux fils de cuivre du ballon. Les parties extérieures des tiges T, T′ sont mises en communication avec les pôles d'une bobine d'induction; les parties B, P, I et M de la figure représentent respectivement cette bobine, la pile, un interrupteur indépendant de la bobine et une clef.

Voici comment on opère :

On rince le ballon V à l'eau froide, on le ferme à l'aide d'un bon bouchon de caoutchouc *f*, puis on le met dans le circuit comme l'indique le schéma; on raccorde ensuite le tube R à une trompe à eau et on fait le vide sous la cloche.

A un moment donné, sous l'effet de la pression de l'air contenu dans le ballon, le bouchon *f* se soulève peu à peu, puis saute brusquement. Au même instant, cette détente adiabatique de l'air produit un refroidissement tel que le ballon entier se remplit d'un brouillard d'autant plus dense et plus laiteux que l'expérience a mieux réussi.

Si alors on arrête sur-le-champ l'effet de la trompe en fermant le robinet R, ce brouillard se maintient environ une minute et demie dans un ballon de la capacité de 1 litre. Le plus souvent, un panache de brouillard sort lentement et gracieusement du col du ballon, s'épanouit

dans la cloche et disparaît peu à peu; il en est de même du brouillard qui restait dans le ballon.

On sait que le brouillard et les nuages de l'atmosphère peuvent résulter d'une condensation par refroidissement direct, ou d'une condensation par mélange, ou encore d'une condensation par détente.

Notre façon d'opérer se rapproche le plus de ce dernier mode de formation et nous met dans des conditions analogues à celles de la nature. En effet, quand une masse d'air se trouve entraînée dans un mouvement ascendant, sa pression diminue à mesure qu'elle monte; il en sera de même de l'air du ballon, qui va aussi se trouver tantôt dans une atmosphère raréfiée. Les couches atmosphériques élevées sont refroidies; le vide fait autour du ballon refroidit aussi l'air ambiant. Si, pendant son ascension, l'air ne reçoit ni ne perd de chaleur, sa détente fera abaisser sa température au point de produire le brouillard ou le nuage. C'est identiquement ce qui se produit au moment où le ballon se débouche.

Cela étant, nous avons cherché à nous rendre compte de l'effet du passage de l'étincelle dans le brouillard. Pour cela, dès que celui-ci était formé, nous avons fait jaillir une étincelle en $p\ p'$; il nous suffisait pour cela de fermer et d'ouvrir rapidement la clef M, l'interrupteur ayant été réglé à une marche très lente.

La première chose que nous avons observée, c'est que le passage de l'étincelle donnait lieu à une disparition rapide du brouillard; en moyenne, il ne se maintenait plus au delà de dix à douze secondes, et cela avec deux ou trois étincelles seulement.

Ce brouillard s'évanouissait-il dans l'air ou subissait-il une condensation?

Pour nous en assurer, nous avons refait l'expérience de la façon suivante. Nous avons desséché avec grand soin les parois du ballon (lavage à l'alcool, courant d'air sec, etc.), puis, à l'aide d'une pipette, nous avons introduit quelques gouttes d'eau de façon à ne mouiller qu'une toute petite partie du fond du ballon, et nous avons opéré à nouveau avec et sans étincelle.

Chaque fois que nous ne faisions pas jaillir l'étincelle, le brouillard se dissipait, absorbé par l'atmosphère sans laisser aucune trace sur la paroi intérieure du ballon; au contraire, chaque fois que l'étincelle traversait le brouillard, celui-ci se condensait sur la paroi.

Nous avons fait et refait ces expériences avec des étincelles de diverses grandeurs, et toujours ces résultats ont été confirmés; nous en concluons donc *qu'une étincelle au sein d'un espace contenant de la vapeur d'eau sous forme de brouillard peu intense ou très intense, donne lieu à une condensation rapide et qui précipite en quelques instants une quantité d'eau notablement plus importante que celle qui serait condensée pendant le même temps par une autre cause de condensation.*

Il n'est, je crois, pas téméraire de conclure qu'un phénomène analogue doit se produire en grand dans la nature; au surplus, ne voyons-nous pas dans tout orage, chaque coup de foudre suivi d'une averse immédiate? On pourrait objecter qu'ici ce sont les gouttelettes composant le nuage orageux qui elles-mêmes sont électrisées et que, l'éclair se produisant, la cause qui s'opposait au fusionnement des gouttes disparaît, et dès lors celles-ci tombent, entraînées par leur propre poids.

Mais il n'en est pas moins vrai que si, déjà en petit, nous voyons l'électricité produire une condensation aussi

rapide, cette action multipliée à l'infini dans les forces colossales que nous voyons parfois en jeu au-dessus de nos têtes, doit singulièrement contribuer au renforcement du phénomène de la précipitation aqueuse.

Il me reste à attirer l'attention sur le mode de disparition du brouillard, mode qui diffère suivant la longueur de l'étincelle.

Si l'étincelle a de 5 à 6 centimètres de longueur, il se forme entre les électrodes p, p' (fig. 2) une zone de condensation qui paraît noire par contraste avec le milieu laiteux environnant; elle s'étend à 3 ou 4 centimètres au-dessus et à 1 ou 2 centimètres au-dessous de l'horizontale joignant p, p'. En suivant le phénomène avec attention, on constate un remous intense dans toute cette zone, sans orientation principale bien déterminée. Ce remous est bientôt arrêté par le brouillard ambiant qui semble venir combler les lacunes produites par une première précipitation.

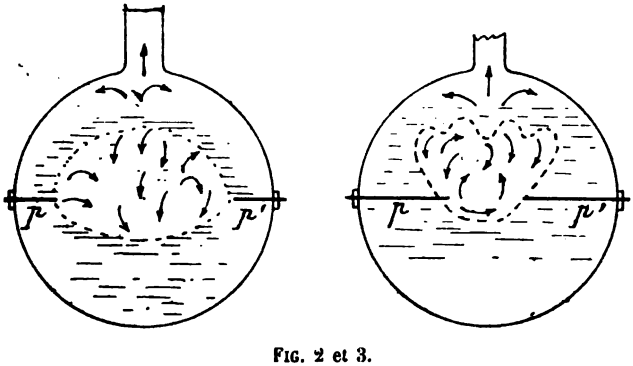


Fig. 2 et 3.

Si on localise les effets de l'étincelle, en réduisant sa longueur à $1^{cm},5$ ou 2 centimètres (fig. 3), la zone de con-

densation augmente de hauteur et prend la forme d'une flamme de bec papillon. Le brouillard disparaît rapidement, comme toujours en commençant par le haut du ballon, et la partie restante diminue en se stratifiant.

Si l'on fait jaillir une étincelle quand le brouillard a dépassé de 1 à 2 centimètres la ligne de pôles *p*, *p'* (fig. 4), on voit au même instant se produire deux proéminences qui s'approchent des pointes de cuivre, tandis que l'espace intermédiaire est assez fortement déprimé. C'est dans cet espace que le brouillard disparaît en premier lieu; parfois on n'y voit déjà plus rien, si ce n'est qu'en *m* et en *n*, près des parois du ballon, flottent encore quelques débris filamenteux blanchâtres.

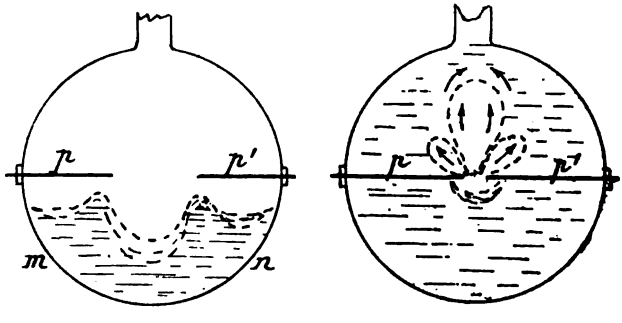


Fig. 4 et 5.

Lorsqu'on réduit l'étincelle à environ $0^{mm},8$ (fig. 5), il se forme du côté supérieur trois zones de refoulement bien marquées. Je ne puis mieux les comparer qu'à l'aspect d'un trèfle dont la feuille du milieu aurait un développement exagéré. Le refoulement est intense, vif

et s'étend jusqu'à 6 et 8 centimètres de hauteur; on voit en même temps un tourbillonnement bien caractérisé dans la direction du déplacement. Parfois même des lambeaux de buée sont projetés en dehors de la sphère d'action.

Enfin, si l'on rapproche encore les pointes *p, p'* jusqu'à réduire l'étincelle à 2 ou 3 millimètres, celle-ci n'est plus alors qu'un petit trait de feu. La condensation dans ce cas est rapide, et au moment où l'étincelle jaillit, il se produit un refoulement radial en tous les sens et qui donne lieu à un violent remous dans toute la masse.

Tout ceci ne nous représente-t-il pas en petit les mouvements tourbillonnaires analogues à ceux que l'on observe en météorologie et que j'ai signalés dans les premières lignes de cette notice ?

Il va de soi que l'aspect des différents phénomènes que je viens de décrire n'est pas stéréotypé pour chaque expérience, et cela se conçoit : trop de causes secondaires et variables interviennent. Mais en refaisant les essais un nombre suffisant de fois, on peut acquérir assez d'habileté dans le maniement des différentes parties de l'appareil pour reproduire presque à volonté telle ou telle phase.

Inutile d'ajouter que l'analyse nette du phénomène demande une éducation préalable de l'œil et exige surtout un œil vif et prompt à percevoir.

Gand, juillet 1901.

—

Note sur l'action physiologique de la décoction de moules (MYTILUS EDULIS); par Constant Thibert, étudiant en médecine.

Nous savons, depuis les recherches de Heidenhain (1), que la propeptone, l'extrait de sangsue, l'extrait de muscles d'écrevisses, etc., qui suspendent la coagulation du sang, sont en même temps des *lymphagogues* énergiques. Heidenhain a signalé également l'action *lymphagogue* de l'extrait de moules de rivière (*anodontes*).

Starling (2) a utilisé également comme *lymphagogue* un extrait de moules (*decoction of mussels*, moules marines?). Mais l'*action anticoagulante* des extraits aqueux de moules n'a fixé l'attention d'aucun expérimentateur. Il nous a paru intéressant de reprendre cette question et d'étudier l'action physiologique de la décoction de moules, en la comparant à celle de la propeptone.

Les moules (*Mytilus edulis*), extraites de leurs coquilles, sont jetées dans l'eau bouillante. Elles en sont retirées après un séjour de cinq minutes, hachées, puis triturées dans un mortier avec du sable fin bien lavé. La pulpe ainsi obtenue est soumise durant une heure à l'action de l'eau bouillante.

Le liquide de décoction, filtré et évaporé à un volume assez réduit (280 centimètres cubes pour quatre-vingt-dix

---

(1) R. HEIDENHAIN, *Versuche und Fragen zur Lehre der Lymphbildung*. (ARCH. FÜR DIE GES. PHYSIOL., 1891, Bd XLIX.)

(2) E. H. STARLING, *On the mode of action of lymphagogues*. (JOURN. OF PHYSIOL., 1894, vol. XVII, p. 38.)

moules pesant ensemble 242 grammes), est additionné d'une solution de NaCl à 7 ‰ (sérum physiologique), de façon à constituer un volume de 500 centimètres cubes.

Ce liquide, préalablement stérilisé à l'étuve, est injecté à des chiens par la veine jugulaire externe, à la dose de 2^{cc},5 par kilogramme d'animal.

L'injection est rapide, c'est-à-dire qu'elle se fait en deux secondes environ.

Les résultats de ces injections sont les suivants :

a) *Au point de vue de la pression artérielle :* chute de pression analogue à celle qui suit une injection de propeptone.

Lorsque la pression est revenue à un état stationnaire, toujours légèrement inférieur à l'état primitif (ce qui a lieu après un temps variant de trente minutes à une heure et plus), une seconde injection provoque une chute nouvelle, moins accentuée et surtout moins durable que la première.

Un chien subit ainsi six injections successives : à la suite de la première, la pression cessait de remonter après cinquante minutes; à la deuxième, après dix minutes, et à la sixième, après cinq minutes.

b) *Au point de vue de la coagulation du sang :* incoagulabilité du sang recueilli quelques minutes après une injection. Mais le retard dans la formation du caillot est d'autant moins marqué que le sang provient d'une saignée plus éloignée du moment de la première injection.

Chez un seul chien, l'effet sur la coagulation ne s'est point manifesté : le sang normal se coagulait en trois minutes trente secondes; le sang recueilli deux minutes après une première injection se figeait en quatre minutes;

et le sang pris une minute après une seconde injection, après trois minutes.

Un mélange *in vitro* de quantités égales de sang artériel et de décocté, fait avant l'expérience, présente, au point de vue de la coagulation, des anomalies moins bien caractérisées : une fois, ce mélange est resté liquide durant quarante minutes, alors que le sang normal seul se coagulait après huit minutes. D'autres fois, la coagulation était retardée de deux ou trois minutes seulement, et parfois même elle se trouvait légèrement avancée.

Chez le lapin, aux mêmes doses, la substance a très peu d'influence sur la pression artérielle et n'agit pas sur la coagulation sanguine.

Plusieurs essais ont été faits dans le but d'*isoler la substance active* de la décoction.

Tout d'abord, le glycogène a été précipité par un égal volume d'alcool.

Ce glycogène, recueilli sur le filtre, a été redissous dans l'eau et chauffé au bain-marie jusqu'à volatilisation complète de l'alcool.

De la même façon, le filtrat a été débarrassé de son alcool.

Les deux produits (filtrat et glycogène en solution) ont alors été additionnés d'eau, de façon à constituer chacun le même volume que le décocté d'origine.

Remarquons que la même quantité de substance se trouve maintenant dissoute dans un volume aqueux double de celui qu'occupait la décoction première.

Relativement à l'injection de la décoction non remaniée, la même dose de $2^{cc},5$ de l'une ou l'autre des deux solutions constituantes séparées sera une demi-dose.

Injecté dans ces conditions (aux doses de $2^{cc},5$), le liquide sans glycogène produit sur la pression artérielle et la coagulation sanguine les mêmes effets que la décoction, toutefois à un degré légèrement moindre.

A des doses de 5 centimètres cubes par kilogramme d'animal, les effets sont plus prononcés que ceux de la décoction entière.

La solution du glycogène obtenue comme nous l'avons exposé ci-dessus, injectée à des doses de 5 centimètres cubes (toujours par kilogramme d'animal), a conservé l'influence de la décoction sur la pression et la coagulation, mais à un degré sensiblement moindre.

Ce procédé de séparation ne peut donc pas isoler la substance active, puisque celle-ci s'est répartie et sur le filtrat contenant les albuminoïdes, et sur le glycogène (en quantité moindre, mais pourtant notable, sur ce dernier).

Quelle est la nature de la substance active du décocté sans glycogène?

Pour tâcher de résoudre cette question, précipitons par l'iodhydrargyrate de potassium les substances albuminoïdes d'une nouvelle décoction de quatre cents moules. Redissolvons ces substances recueillies sur le filtre dans de l'eau légèrement alcalinisée à la soude, et précipitons-les de nouveau par acidification à l'acide chlorhydrique. Répétons trois fois cette opération pour laver le produit. Mettons la substance recueillie en suspension dans l'eau et débarrassons-la du mercure qui lui est resté combiné,

par un courant de H_2S (précipité très fin éliminé par collage au blanc d'œuf).

Si nous précipitons par l'alcool, puis lavons à l'éther la substance dissoute, nous obtenons un produit sec pesant 13 décigrammes.

Injectant cette substance (redissoute dans 45 centimètres cubes de solution physiologique) à des doses de 1 décigramme de substance par kilogramme d'animal, nous observons :

Chez un premier chien, une chute de pression persistante et considérable, et l'incoagulabilité du sang;

Chez un autre chien, une chute de pression moins accentuée et ne durant qu'une dizaine de minutes; le sang se coagule une minute plus vite que normalement après une première injection, trois minutes plus tard après une seconde injection.

Le produit (albuminoïdes) est donc actif à des doses faibles; mais son pouvoir actif est très loin d'être en rapport avec la grande quantité de décoction nécessaire à sa préparation. La décoction primitive est relativement beaucoup plus active que l'extrait. La plus grande partie de la substance agissante a donc été perdue dans le cours des manipulations.

La solution glycogénée doit-elle son action au glycogène ou à d'autres facteurs? Dans le but de nous éclairer sur ce point, nous avons extrait *à l'état de pureté* le glycogène (nouvelle décoction de deux cents moules, pesant 750 grammes; précipitation des albuminoïdes par l'iodhydrargyrate de potassium; précipitation à deux reprises, par un égal volume d'alcool absolu, du glycogène; lavage

de ce dernier à l'éther. Résultat : 37 grammes de glycogène *pur*).

Dix grammes de ce glycogène sont dissous dans 100 centimètres cubes d'une solution de NaCl au titre de 6 °/₀₀. Ce liquide, injecté à la dose de 25 centimètres cubes par kilogramme de chien, ne donne aucun effet sur la coagulabilité du sang ni sur la pression artérielle (très faible chute durant quelques secondes seulement).

Aucun des effets de la décoction de moules sur la pression et la coagulation sanguines n'est dû au glycogène.

CONCLUSIONS.

Il existe dans la décoction de moules (*Mytilus edulis*) une substance qui, en injection intraveineuse chez le chien, détermine sur la pression artérielle, sur la coagulation sanguine et sur la production de la lymphe, une action analogue à celle que provoque une injection de peptone ou de propeptone (action étudiée par Schmidt-Mülheim, Pollitzer, Fano, Starling, Shore, Grosjean, Contejean, Ledoux, etc.).

Le glycogène pur n'a aucune part dans cette action.

Il ne m'a pas été possible d'isoler la substance active.

(Travail fait au laboratoire de physiologie
de l'Université de Liége, 1901.)

OUVRAGES PRÉSENTÉS.

Mourlon (*Michel*). Sur l'état d'avancement du répertoire universel des travaux concernant les sciences géologiques (*Bibliographia geologica*). Bruxelles, 1901; extr. in-8° (7 p.).

Lecointe (*G.*). Annuaire astronomique de l'Observatoire royal de Belgique, 1902. Bruxelles, 1901; in-12.

Schuyten (*M.-C.*). Sur la constitution des salipyrines métalliques. (Réponse à M. Éd. Bourgeois.) Bruxelles, 1901; extr. in-8° (8 p.).

Monier (*Marcel*). Recherches physiologico-chimiques sur une fonction du foie. Liége, 1901; in-4° (2 p.).

— Recherches sur le traitement de la tuberculose par le suc de viande crue ou zomothérapie. Liége, 1901; extr. in-8° (8 p.).

Lagrange (*E.*). Bulletin mensuel de la station géophysique d'Uccle (station Ernest Solvay), mai et juin 1901. Bruxelles, 1901; 2 cahiers in-4°.

Firket (*Ad.*). Rapport sur la situation de l'industrie minérale et métallurgique de la province de Liége pendant l'année 1900. Liége, 1901; in-8°.

Meunier (*Fernand*). Aperçus des principales publications d'entomologie agricole, horticole et forestière parues en France, en Allemagne et aux États-Unis pendant l'année 1900. Bruxelles, 1901; in-8° (14 p.).

— Contribution à la faune des Mymaridae ou « atomes ailés » de l'ambre. Bruxelles, 1901; extr. in-8° (11 p., 1 pl.).

Amérique.

Baldwin (*B.*). Auroral observations on the second Wellman expedition made in the neighborhood of Franz Joseph Land. Washington, 1901; extr. in-4° (8 p.).

Baltimore. *Maryland geological Survey*. Allegany County. 1900; vol. in-8° avec atlas.

Des Moines. *Iowa geological Survey*. Annual report, 1899. In-4°.

Indianapolis. *Academy of science*. Proceedings, 1898-99.

Saint-Paul. *Geological and natural history Survey of Minnesota*. The geology of Minnesota, vol. V, 1900; in-4°.

Washington. *U. S. Naval Observatory*. Publications, second serie, vol. I. Observations during 1891. 1899-1900; 2 vol. in-4°.

— *Coast and geodetic Survey*. Report, 1898-1899.

— *U. S. Department of agriculture*. Report of the Weather Bureau, 1898-1899. 2 vol. in-4°. — Tables of daily precipitation at special river and rainfall stations, 1893-1895.

— *Smithsonian Institution: U. S. National Museum*. Bulletin, n° 47. — Special Bulletin : American hydroids. — Annual report of the Board of Regents for 1897 and 1898.

— *American Association for the advancement of science*. Proceedings of the 49th meeting, 1900.

—

France.

Oechsner de Coninck (*W.*). Recherches sur le nitrate d'uranium (mémoire d'ensemble). Montpellier, 1901; in-8° (47 p.).

Salignac Fénelon (le vicomte F. de). Origines et distribution géographique de la faune d'Europe. Toulouse, 1901 ; in-8° (52 p.).

Certes (A.). Colorabilité élective « intra vitam » des filaments sporifères du spirobacillus gigas... par certaines couleurs d'aniline. Paris, 1901 ; extr. in-8° (9 p. et 3 pl.).

Vial (Louis). Mécanisme et dynamisme, loi fonctionnelle de la Création, 1re et 2de parties. Paris, 1901 ; in-8°.

Hademard (Jacques). La série de Taylor et son prolongement analytique. Paris, 1901 ; in-12 (VIII-102 p.).

Barbillon (L.). Production et emploi des courants alternatifs. Paris, 1901 ; in-12 (103 p.).

Renault (B.). Note sur les Arthropitus. Autun, 1901 ; extr. in-8° (4 p.).

— Sur quelques pollens fossiles. Autun, 1901 ; extr. in-8° (8 p.).

ARRAS. *Académie des sciences, lettres et arts*. Mémoires, 1900.

BESANÇON. *Académie des sciences, lettres et arts*. Procès-verbaux et mémoires, 1899 et 1900. — Mémoires et documents inédits, tome IX.

BORDEAUX. *Académie des sciences, belles-lettres et arts*. Actes, 59e année, 1897.

CAEN. *Société linnéenne*. Bulletin, 1899, volume III. Mémoires, tome XX, 1re et 2e livraisons.

CHERBOURG. *Société des sciences naturelles*. Mémoires, t. XXXI, 1898-1900.

DUNKERQUE. *Société pour l'encouragement des sciences, lettres et arts*. Mémoires, volume XXXIII, 1899-1900.

PARIS. *Académie des sciences*. Réunion du Comité international permanent pour l'exécution de la carte photo-

graphique du Ciel, tenue à l'Observatoire de Paris en 1900. 1900; in-4° (VIII-160 p.).

PARIS. *Observatoire du Mont-Blanc.* Annales, tomes IV et V. 1900; 2 vol. in-4°.

ROUEN. *Société libre d'émulation.* Bulletin, 1899-1900.

— *Société des amis des sciences naturelles.* Bulletin, 35e année, 1899.

SÈVRES. *Comité international des poids et mesures.* Procès-verbaux, 1900.

—

GRANDE-BRETAGNE ET COLONIES.

CALCUTTA. *Meteorological Department.* Rainfall of India for 1898, 1899. 2 vol. in-4°.

GREENWICH. *Royal Observatory.* Observations made in 1898, and results. — Second ten-year Catalogue of 6892 stars for 1890. — Refraction tables, by P. H. H. Cowell. In-4°.

LE CAP. *Royal Observatory.* Annals, vol. V; VIII, part 2. — Results of meridian observations, 1866-1870. — Catalogue of 1905 stars for the equinox 1865·0 and from observations made during the years 1861 to 1870.

—

PAYS DIVERS.

BATAVIA. *Meteorological and magnetical Observatory.* Wind and weather, currents, tides and tidal streams of the east Indian Archipelago (J.-P. Van der Stok). 1897 ; in-fol.

MADRID. *Real Academia de ciencias.* Memorias, t. XIX. 1893-1900.

STOCKHOLM. *Kongl. Vetenskaps Akademien*. Oefversigt, 1900.

UPSAL. *Observatoire de l'Université*. Bulletin, vol. XXXII. 1900; in-4°.

— *Société royale des sciences*. Nova acta, volume XIX, 1901. In-4°.

SAINT-GALL. *Naturwissenschaftliche Gesellschaft*. Bericht, 1898-1899.

BALE. *Naturforschende Gesellschaft*. L. Rütimeyer. Gesammelte kleine Schriften allgemeinen Inhalts aus dem Gebiete der Naturwissenschaft, Band I und II. (H.-G. Stehlin.) 1898; 2 volumes in-8°.

SAINT-PÉTERSBOURG. *Observatoire physique central*. Annales, année 1898; 2 vol. in-4°.

— Histoire de l'Observatoire physique central, 1849-1899 (M. Ryktachew), 1re partie. 1900; in-4°.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1901. — Nos 9-10.

Séance du 12 octobre 1901.

M. Jos. De Tilly, directeur.

M. Alb. Lancaster, ff. de secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Éd. Van Beneden, *vice-directeur;* Éd. Dupont, C. Malaise, F. Folie, F. Plateau, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Van der Mensbrugghe, W. Spring, Louis Henry, M. Mourlon, P. Mansion, P. De Heen, C. Le Paige, Ch. Lagrange, F. Terby, J. Deruyts, Léon Fredericq, J.-B. Masius, J. Neuberg, L. Errera, *membres;* Ch. de la Vallée Poussin, *associé;* A. Jorissen, M. Delacre, François Deruyts, Paul Pelseneer, A. Gravis et Émile Laurent, *correspondants.*

M. Dewalque s'excuse de ne pouvoir assister à la séance.

M. le Directeur fait savoir que M. le Secrétaire perpétuel lui a écrit qu'il ne pourra pas assister à la séance à cause de la mort de son frère, le lieutenant général Félix Marchal.

M. le Directeur propose qu'une lettre de condoléance soit adressée à M. Marchal. (*Adhésion.*)

M. le Secrétaire perpétuel m'écrit aussi, ajoute M. De Tilly, qu'il a désigné M. Lancaster pour le remplacer.

Je prie donc M. Lancaster de venir prendre place au bureau.

CORRESPONDANCE.

—

La Classe prend notification d'une lettre de Mme la baronne Nordenskiöld annonçant la mort de son époux, M. le baron Ad.-Erik Nordenskiöld, associé de la Section des sciences naturelles, décédé à Dalbyö, le 12 août dernier, ainsi que d'une lettre de la famille du défunt remerciant pour les condoléances qui lui ont été exprimées par M. le Secrétaire perpétuel au nom de la Classe.

— M. Berthelot remercie pour les félicitations qui lui ont été adressées au sujet de la publication de son ouvrage : *Les carbures d'hydrogène, 1851-1901.*

— Une Adresse de félicitations a été envoyée à M. le

professeur Virchow, à l'occasion de son quatre-vingtième anniversaire de naissance (1821-1901). — Impression au *Bulletin*.

— M. Mislawsky, président de la Société ouralienne d'amateurs de sciences naturelles, à Ekathérinebourg, remercie pour les félicitations qui lui ont été adressées à l'occasion de son cinquantième anniversaire de membre du service médical russe.

— M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique transmet une requête par laquelle M. Ch. Julin, professeur à l'Université de Liége, demande à pouvoir occuper, pendant l'année 1902, la salle d'études dont le Gouvernement dispose au laboratoire zoologique de Naples. — Renvoi à MM. Van Beneden, Van Bambeke et Plateau.

— M. Plateau remet, pour l'*Annuaire* de 1902, le manuscrit de sa notice sur feu le baron Michel-Edm. de Selys Longchamps, membre de l'Académie. — Remerciements.

— M. Deltour demande le dépôt d'un billet cacheté (Compensateur électrique). — Accepté.

— M. le Ministre de l'Agriculture envoie, pour la Bibliothèque de l'Académie, un exemplaire de la *Monographie agricole de la région limoneuse et sablo-limoneuse*. — Remerciements.

— Hommages d'ouvrages :

1° a) *Allocution à l'occasion de la mort du baron de*

Selys Longchamps; b) *Compte rendu de l'excursion géologique en Campine des 23-25 septembre 1900;* c) *Le sous-sol de Bruxelles au point de vue du projet de jonction des gares du Nord et du Midi;* par Michel Mourlon;

2° *Travaux du laboratoire de physiologie de l'Université de Liége,* tome VI; par Léon Fredericq;

3° *Les carbures d'hydrogène, 1851-1901. Recherches expérimentales,* tomes I-III; par Marcellin Berthelot, associé à Paris;

4° *Sur la similitude des dents de l'homme et de quelques animaux;* par Albert Gaudry, associé à Paris;

5° *Vorlesungen über natürliche Geometrie.* Traduction d'un ouvrage d'Ernest Cesàro, associé à Naples;

6° a) *Quelques diastases de la levure morte;* b) *Mycoderme cerevisiae;* par Henri van Laer;

7° *Sur les récents travaux de Fittica;* par M.-C. Schuyten;

8° *Mémoire sur la loi de l'attraction universelle;* par H. Duport, professeur à Dijon (présenté par M. De Tilly).

— Remerciements.

— Travaux manuscrits à l'examen :

1° *Le mycélium de Lepiota meleagris* (Sow.) Sacc. [*Coccobotrys xylophilus* (Fr. Boud. et Pat.)]; par Ch. Van Bambeke, membre de l'Académie. — Commissaire : M. Errera.

2° *Nouvelle contribution à l'étude de l'asymétrie sensorielle;* par le Dr J.-J. Van Biervliet, à Gand. — Commissaires : MM. L. Fredericq et Masius;

3° a) *Sur la formation de l'ozone par les effluves électriques;* b) *Sur la conductibilité électrique de la flamme et*

des gaz; par A. de Hemptinne. — Commissaires : MM. De Heen et Spring;

4° *Lettres concernant l'accumulateur relié à la thermochimie;* par J. Posno, ingénieur à Bruxelles. — Commissaires : MM. Spring et De Heen.

A Monsieur le Professeur Docteur Rudolph Virchow, membre de l'Académie royale de Berlin, associé de l'Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique. — *Adresse de félicitations à l'occasion de son quatre-vingtième anniversaire (1821-1900) par l'Académie royale de Belgique.*

Très honoré et illustre Confrère,

Quelques années seulement se sont écoulées depuis le moment où le monde scientifique, par une imposante manifestation, fêtait le cinquantième anniversaire de votre accession à la chaire professorale. Aujourd'hui, l'instant est venu de célébrer solennellement un autre jubilé : celui de votre quatre-vingtième année. Fière de vous compter au nombre de ses associés, l'Académie royale de Belgique tient à honneur de figurer parmi les corps savants qui, en cette occasion, vous adresseront le témoignage de leur sympathie et de leur admiration.

S'il échoit seulement à d'assez rares élus de parcourir une carrière aussi longue, il est plus exceptionnel encore d'en trouver une aussi glorieusement remplie. Car elle fut consacrée tout entière à la science, et vous l'avez

illustrée par des découvertes magistrales dont la moindre eût suffi pour immortaliser votre nom.

Depuis l'époque lointaine où, professeur à l'Université de Wurzbourg, vous inauguriez les magnifiques recherches destinées à éclairer tant de points obscurs de physiologie et d'anatomie pathologiques jusqu'au jour où apparut soudain, comme une lumineuse révélation, votre célèbre *Pathologie cellulaire,* votre génie n'a cessé d'enrichir le domaine scientifique d'acquisitions nouvelles et de dispenser à d'innombrables disciples — qui, à leur tour, les ont répandus de proche en proche jusqu'aux extrémités du monde — les trésors de votre enseignement.

Non content d'occuper le premier rang parmi les anatomo-pathologistes modernes, vous avez voulu, étendant davantage encore le champ de votre activité, pénétrer les mystères des anciens âges; et par vos brillantes investigations anthropologiques, vous avez contribué à faire revivre devant nos yeux les humanités disparues.

Cet immense labeur, auquel nul autre que vous n'aurait su résister, n'a pourtant point épuisé votre riche vitalité. Chose heureuse autant que singulière, celui de tous les médecins qui, de nos jours, s'est appliqué avec le plus de persévérance et de succès à la détermination des causes immédiates de la maladie et de la mort, a lui-même triomphalement échappé aux dangers inhérents à la pratique de l'amphithéâtre. Et par un contraste non moins étrange, c'est encore ce même savant dont les hautes facultés, dont la cérébralité puissante se sont particulièrement appliquées à l'étude de ces êtres primitifs que leur intelligence rudimentaire élevait à peine au-dessus de l'animalité.

Cette vie déjà si pleine, nous nourrissons l'espoir de la voir se prolonger pendant assez de temps encore pour accomplir son cycle séculaire, au grand profit de la science et à la grande joie de tous ceux qui de près ou de loin ont reçu le bienfait de vos leçons. C'est le vœu que forme unanimement l'Académie royale de Belgique et qu'elle se permet de vous exprimer, en vous priant, très honoré et illustre Confrère, d'agréer, dès à présent, ses congratulations jubilaires.

Bruxelles, le 11 octobre 1901.

POUR L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE :

Le Secrétaire perpétuel,

Le chevalier EDMOND MARCHAL.

RAPPORTS.

Il est donné lecture des rapports suivants :

1° De MM. Ch.-J. de la Vallée Poussin, J. Deruyts et Mansion sur un travail de M. J. Beaupain : *Sur les fonctions de Kinkelin.* — Communication des rapports à l'auteur;

2° De MM. Jorissen et Delacre sur une note de M. M.-C. Schuyten : *Sur le nitroprussiate, le ferro et le ferricyanure d'antipyrine.* — Dépôt du travail aux archives.

Solution complète du problème de l'équilibre d'un corps solide qui n'a d'autre liberté que celle de tourner autour de la droite joignant deux points fixes; par Eug. Ferron.

Rapport de M. Le Paige, premier commissaire.

« M. Ferron essaie de démontrer, dans ce mémoire, que la solution donnée par Poinsot du problème énoncé est incomplète; il veut prouver que non seulement la somme des réactions exercées par les points O, O′ est déterminée, mais que chacune individuellement l'est.

Pour établir ce point, M. Ferron tâche d'établir qu'il existe non six mais sept équations d'équilibre. Cette démonstration me semble sans valeur.

Il s'agit, en effet, d'un corps indéformable; on pourra introduire suivant l'axe AZ deux forces égales à Z et de signes contraires, agissant en un point quelconque A′ de la droite. Les deux forces + Z, — Z se détruisent, et il restera une force + Z appliquée en A′.

Dans ces conditions, l'expression

$$\frac{\Sigma zZ}{a}$$

change. Les deux réactions W, W′ auront ainsi toutes les valeurs possibles à la condition de satisfaire à l'égalité

$$W + W' = \Sigma Z,$$

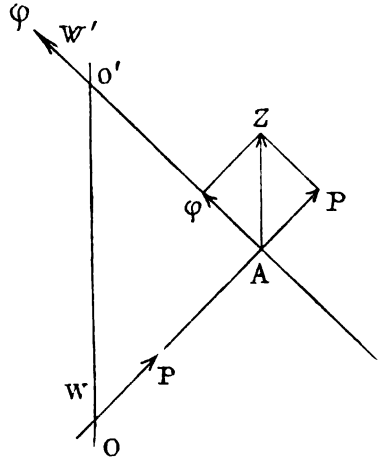
qui est précisément l'équation donnée par tous les auteurs.

Je propose le dépôt aux archives du travail de M. Ferron. »

—

Rapport de M. Ch. Lagrange, deuxième commissaire.

« J'estime, avec M. le premier commissaire, que l'essai de démonstration de l'auteur est illusoire, et je me rallie à sa proposition de déposer le mémoire aux archives. Mais je crois, d'ailleurs, nécessaire de préciser les raisons de ma manière de voir.



La démonstration de M. Ferron se réduit à ceci : OO' étant les deux points fixes du solide indéformable; Z la résultante des forces parallèles à l'axe des Z, OO'; A le point d'application de Z, M. Ferron décompose Z en P et Q respectivement suivant AO, AO'. Il transporte ensuite P en O, Q en O'; et les composantes de P et Q suivant l'axe OO' lui donnent les réactions respectives W, W' en O et O'. Il en résulte pour W et W' des fonctions du z de A.

D'après le rapport du premier commissaire, comme on peut déplacer arbitrairement A sur la ligne d'action AZ de Z, la solution de M. Ferron ne laisserait, en réalité, subsister que la relation connue

$$(1) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad W + W' = Z,$$

et ne ferait nullement disparaître l'indétermination de W et W', ce qui cependant était son objet.

Il me paraît nécessaire de faire remarquer que l'indétermination ainsi manifestée ne dirait nullement le pourquoi de l'erreur ; elle ne serait pas du même genre que celle qu'implique la seule relation (1). Celle-ci suppose que, même pour un point d'application *donné* A de Z, W et W' sont indéterminés, et ne doivent satisfaire qu'à cette relation ; la démonstration de l'auteur leur attribue, dans ce cas, des valeurs entièrement déterminées.

Par conséquent, si, prise en elle-même, pour A donné, cette démonstration était exacte, elle constituerait un résultat nouveau digne d'être pris en considération, — puisque, dans l'état actuel des idées, même quand on a donné le point d'application de Z, on considère cependant les données de la question comme insuffisantes pour calculer W et W'.

Il est donc nécessaire, pour légitimer le rejet du travail de l'auteur, de chercher où sa démonstration, prise en elle-même, est en défaut. Or elle l'est en ce que, du transport des forces P et Q aux points OO' de leurs lignes d'action, il ne suit nullement qu'en supposant ces points fixes les pressions y soient égales à P et Q. Le *principe du transport* de P de A en O suppose, en effet, tout d'abord le corps *libre :* on applique en O deux forces + P, — P. — P (O) et + P (A) se font équilibre, et

ainsi il reste une force P en O. P et Q ainsi transportées en O et O′ donnent suivant l'axe OO′ une force Z; et si, *ensuite*, on rend fixes deux points de cet axe, soient OO′, les pressions W′ et W′ y seront telles qu'elles équilibreront Z. On n'établira donc rien de plus par ce procédé de décomposition que la relation $W' + W' = Z$ (*).

Si cette erreur enlève toute valeur au travail de M. Ferron, il est juste cependant de faire observer qu'il a rappelé l'attention sur une question très digne d'un examen plus approfondi. J'estime, pour ma part, qu'il a raison en fait, quand, en contradiction avec l'enseignement classique de la mécanique rationnelle et les meilleurs traités, il pense que l'indétermination des réactions n'existe pas et qu'on doit pouvoir les calculer. J'expose les raisons de ma propre opinion à cet égard dans une *note* dont j'aurai l'honneur de donner lecture à l'Académie. »

Rapport de M. De Tilly, troisième commissaire.

« J'estime que les auteurs qui considèrent comme indéterminées les pressions sur les deux points fixes, dans la direction de la droite qui les joint (notamment Poinsot, Duhamel, Sturm, Resal, Gilbert), sont parfaitement dans le vrai et que leurs raisons sont irréfutables.

Aussi n'ai-je rien à objecter au rapport de M. Le Paige. J'admets cependant avec M. Lagrange qu'il y a un

---

(*) Quand on considère d'abord les points OO′ comme fixes, ainsi que le fait l'auteur, le raisonnement qui autorise le *transport* ne subsiste plus.

certain intérêt à examiner le problème dans l'hypothèse où l'on renoncerait à transporter une force en un point quelconque de sa direction, c'est-à-dire où l'on renoncerait à l'une des propriétés des corps absolument invariables de forme.

Les auteurs qui concluent à l'indétermination, et notamment M. Le Paige, emploient trois fois cette faculté de transport, ou tout au moins deux fois, tandis que M. Ferron arrive à un résultat déterminé en ne l'employant qu'une seule fois.

Cette remarque est intéressante, mais insuffisante pour justifier le résultat de M. Ferron. Si le principe du transport est absolument vrai, on peut l'appliquer trois fois aussi bien qu'une; s'il n'est pas absolument vrai, c'est déjà trop de l'appliquer une fois.

D'ailleurs le second commissaire, aussi bien que le premier, propose le dépôt du mémoire aux archives, et je ne puis que me rallier à cette proposition, qui n'a rien de désobligeant pour l'auteur.

Mais tout en désapprouvant la solution de M. Ferron, M. Lagrange estime que ce savant a raison en fait quand il pense que l'indétermination des réactions n'existe pas et qu'on doit pouvoir les calculer.

Je ne partage pas cet avis. Toute tentative de détermination complète, basée sur les seuls principes de la mécanique rationnelle, me paraît destinée au même échec que la tentative de M. Ferron. »

La Classe décide l'impression au *Bulletin* des rapports des commissaires et le dépôt aux archives du mémoire de M. Ferron.

—

Sur l'irritabilité des plantes supérieures; par J. Massart.

Rapport de M. Errera, premier commissaire.

« Dans plusieurs travaux que l'Académie a accueillis, M. Massart s'était occupé de l'irritabilité des organismes inférieurs, et nous lui devons, en ce domaine difficile, des faits originaux et intéressants. Cette fois, il a porté son attention sur l'irritabilité des plantes supérieures; les résultats qu'il a obtenus font l'objet de trois notes, groupées sous un même titre général, mais tout à fait indépendantes l'une de l'autre.

La première traite de l'*équilibre réactionnel* chez les végétaux. M. Massart entend par là la position définitive que les organes atteignent lorsqu'ils sont soumis à la fois à plusieurs réflexes, dont chacun tend à amener un déplacement propre. En immobilisant la pointe de l'organe et en permettant à sa base de se mouvoir librement, on parvient à *dissocier* les réflexes dont le point de départ est situé dans la partie même qui se courbe, d'avec ceux qui dérivent d'une excitation perçue par la pointe et transmise par elle à la zone de courbure : ceux-là, en effet, cesseront dès que la zone de courbure sera « satisfaite » de sa position, ceux-ci continueront indéfiniment si la pointe n'est pas « contente » de la position qu'on lui a imposée une fois pour toutes. Cette méthode de l'immobilisation apicale, comme on peut l'appeler, avait déjà été employée, dans quelques cas, par M. Hochreutiner et M. Francis Darwin notamment; mais M. Massart a su en multiplier les applications et en

tirer des données importantes et nouvelles sur l'origine de divers réflexes et sur leurs conflits.

On retrouve dans cette œuvre nouvelle la perspicacité très grande et l'habileté expérimentale de l'auteur, dont l'Académie a déjà maintes fois entendu l'éloge. Je me permettrai une seule critique : certaines des interprétations, tout en étant plausibles, gagneraient à être appuyées de preuves plus directes. Il ne suffit pas que l'auteur se soit formé une conviction par l'ensemble de ses expériences : nous demandons à être assez renseignés sur ses raisons pour pouvoir partager sa conviction nous-mêmes.

*
* *

Les deux autres notes sont moins étendues.

La deuxième est intitulée : « L'inégale croissance en épaisseur des *Ficus* grimpants et de quelques autres plantes. » M. Massart y étudie ce fait curieux que certaines tiges et racines, soumises à un éclairement inégal, augmentent à peine d'épaisseur sur la face la plus éclairée, tandis que l'autre face accapare la presque totalité de l'accroissement cambial. De tels phénomènes sont parfois très frappants chez les arbres équatoriaux.

Les conclusions de l'auteur reposent ici à peu près exclusivement sur l'observation : elles nous paraissent fondées, mais il n'eût pas été superflu, peut-être, de les confirmer par quelques expériences. Cela eût permis aussi d'établir nettement la relation entre la direction et l'intensité de l'excitant lumineux d'une part, la direction, la vitesse et l'intensité de la réaction de l'autre. L'auteur

n'en a pas moins réussi à mettre en évidence bien des faits et des remarques qui avaient échappé à ses prédécesseurs.

Enfin, la troisième note est consacrée aux racines aériennes des *Ficus* grimpants. Par une analyse attentive, l'auteur montre qu'il y en a de trois sortes, bien distinctes par leur lieu d'origine et par leurs sensibilités : les racines adhésives précoces, les racines adhésives tardives et les racines nourricières.

Malgré la brièveté de cet aperçu, il est inutile de faire ressortir l'intérêt des problèmes physiologiques que M. Massart a traités. J'ai donc l'honneur de proposer à la Classe d'adresser des remerciements à l'auteur et de décider l'insertion de ce travail dans les *Mémoires* in-8° avec les figures qui l'accompagnent. Celles-ci sont, d'ailleurs, d'une reproduction facile. »

Les autres commissaires, MM. Gravis et Laurent, déclarent se rallier aux conclusions du rapport de M. Errera.

La Classe décide que des remerciements seront adressés à M. Massart pour son travail, qui figurera dans le recueil des *Mémoires* in-8°.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

Variations de latitude dues aux marées; par F. Folie, membre de l'Académie.

1. M. Vande Sande-Backhuysen a trouvé, dans les nombreuses séries des latitudes observées depuis dix ans, une périodicité qui semble identique à celle des marées.

Laplace a démontré que celles-ci n'exercent aucune influence sur les phénomènes de précession et de nutation pour une Terre *solide*. En admettant même que sa démonstration soit applicable à l'écorce terrestre, il ne s'ensuivrait pas que les marées n'exercent sur cette écorce aucune influence, particulièrement dans la détermination des latitudes.

Si le Soleil et la Lune se mouvaient dans le plan de l'équateur, les renflements de la mer, produits par leurs attractions, n'exerceraient aucune influence sur la position de l'axe d'inertie de l'écorce terrestre. Mais il n'en est pas ainsi, puisque les déclinaisons du Soleil et de la Lune peuvent dépasser respectivement 23° et 28°. Dans ces conditions, le déplacement, dû aux marées, d'une masse d'eau à la surface de l'écorce terrestre, modifiera la position de l'axe d'inertie de l'ensemble et occasionnera, par conséquent, des variations *réelles* de la latitude (rapportée à l'axe d'inertie).

Il existe donc trois causes de ces variations (réelles) :

1° Le déplacement du pôle (d'inertie) dû aux circonstances météorologiques (*);

2° Les marées;

3° L'élasticité de l'écorce.

Ce sont les seules, pensons-nous, qui produisent des variations réelles.

Les autres variations, et probablement les plus importantes, sont purement *apparentes* et proviennent, soit de l'usage des formules incorrectes d'Oppolzer, soit des déviations périodiques de la verticale qui sont dues à la non-coïncidence des centres de gravité du noyau et de l'écorce.

Leur découverte n'en aura pas moins grandement contribué à susciter celles des trois causes que nous venons d'énumérer, et même à provoquer l'éclosion de la *Théorie du mouvement de rotation de l'écorce terrestre* (**) qui, complétée, établira les véritables fondements de l'astronomie sphérique du XXe siècle.

Je me propose de rechercher d'une manière élémentaire la formule pratique des variations en ascension droite et en déclinaison qui sont dues au déplacement de l'axe d'inertie produit par les marées.

Il résulte de la théorie de celles-ci, combinée avec celle des moments d'inertie, que l'expression de ce déplacement peut s'écrire

$$\text{(I)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \Delta\Phi = k\,(\sin 2\delta + 2.5 \sin 2\delta'),$$

(*) Voir l'*Essai sur les variations de latitude*, 1893.

(**) Bruxelles, Hayez, 1898.

δ et δ' désignant les déclinaisons du Soleil et de la Lune; au moins serait-il très difficile et, en tout cas, impraticable de trouver une expression plus correcte.

Le coefficient k dépend essentiellement du rapport de la masse d'eau déplacée par la marée à celle de l'écorce solide.

Supposons la Terre recouverte tout entière par la mer. Les marées luni-solaires formeraient alors un anneau parallèle à l'équateur et qui n'altérerait en rien la position de l'axe d'inertie. On peut admettre qu'il en est à peu près ainsi quant à l'hémisphère austral, presque entièrement occupé par le Pacifique. Mais sur l'hémisphère boréal, il existe une notable étendue continentale sur laquelle cet anneau fait défaut. La position du centre de gravité du renflement produit par les marées dépendra des déclinaisons du Soleil et de la Lune, et la longitude de ce centre variera en raison des différences qui existeront entre ces déclinaisons. Mais quelles difficultés dans sa détermination! Je doute que personne se résolve à les surmonter. Dans ces conditions, il faut bien admettre que les centres de gravité des renflements solaire et lunaire tombent sur le même méridien; telle est la raison de la formule I, dans laquelle nous avons admis que l'action de la Lune est deux fois et demie plus forte que celle du Soleil. Quant à la valeur moyenne de la longitude de ce méridien, elle devra être déterminée empiriquement, de même que k, et ne s'écartera pas notablement de 330° W. de Greenwich.

Pour le Soleil, on a

$$\sin \delta = s' \sin \odot,$$

s' désignant le sinus de l'obliquité.

On en déduit, par

$$\sin 2\delta = 2 \sin \delta (1 - \sin^2 \delta)^{\frac{1}{2}} :$$

$$\sin 2\delta = \left(2 - \frac{5}{4} s'^2 - \frac{5}{32} s'^4\right) \sin \odot + \frac{1}{4} s'^3 \left(1 + \frac{s'^2}{4}\right) \sin 3 \odot + \cdots$$

$$= 1.897 \sin \odot + 0.016 \sin 3 \odot.$$

Or on a (*)

$$\frac{d\theta}{dt} = - n \cos (J + \varphi) \Delta\varphi,$$

$$\sin \theta \frac{d\psi}{dt} = n \sin (J + \varphi) \Delta\varphi,$$

J désignant la longitude du méridien sur lequel s'effectue, en vertu des marées, le déplacement de l'axe d'inertie de l'écorce terrestre, longitude que nous estimons égale à 25° E. de Greenwich environ.

Quant à l'action du Soleil, nous aurons donc, en négligeant le terme qui dépend de la triple longitude, et qui est cent fois moindre que le premier :

$$\frac{d\theta}{dt} = - jn \cos (J + \varphi) \sin \odot,$$

$$\sin \theta \frac{d\psi}{dt} = jn \sin (J + \varphi) \cos \odot,$$

j représentant 1.897 k; ou bien

$$\frac{d\theta}{dt} = - \tfrac{1}{2} jn \{ \sin (J + \odot + \varphi) - \sin (J - \odot + \varphi) \},$$

$$\sin \theta \frac{d\psi}{dt} = - \tfrac{1}{2} jn \{ \cos (J + \odot + \varphi) - \cos (J - \odot + \varphi) \}.$$

(*) *Annuaire de l'Observatoire royal*, 1894, p. 341.

A la rigueur, on devrait remplacer la longitude vraie en fonction de la longitude moyenne, ce qui introduirait des termes très faibles en 3☉, que nous négligerons; nous aurons ainsi, en désignant par m_2 le rapport du moyen mouvement du Soleil au mouvement diurne :

$$\Delta\theta = \tfrac{1}{2}\frac{j}{1+m_2}\cos(J+\odot+\varphi) - \tfrac{1}{2}\frac{j}{1-m_2}\cos(J-\odot+\varphi),$$

$$\sin\theta\Delta\psi = -\tfrac{1}{2}\frac{j}{1+m_2}\sin(J+\odot+\varphi) + \tfrac{1}{2}\frac{j}{1-m_2}\sin(J-\odot+\varphi).$$

Puisque $m_2 = {}^1/_{366}$ environ, nous le négligerons vis-à-vis de 1, et obtiendrons ainsi :

$$\Delta\theta = -j\sin(J+\varphi)\sin\odot,$$
$$\sin\theta\Delta\psi = -j\cos(J+\varphi)\sin\odot.$$

D'où l'on déduira

$$\Delta\delta = -j\cos(J_1+\eta)\sin\odot,$$
$$\Delta\alpha = j\sin(J_1+\eta)\sin\odot,$$

η désignant l'angle horaire, et J_1, $J + L$, L étant la longitude du premier méridien.

Ces expressions changeront de signe à douze heures de différence en temps ou en longitude, et constitueront de nouveaux termes solaires à ajouter à ceux que Chandler a découverts empiriquement.

En développant $\sin 2\delta'$ en fonction de la longitude moyenne de la Lune, on obtiendrait de même l'expression des variations en ascension droite et en déclinaison produites par l'action de cet astre.

Nous ne nous en occuperons pas ici, le but de cette note étant d'établir, d'abord la raison théorique de la

période des variations de latitude découverte par M. Vande Sande-Backhuysen, ensuite la forme des termes solaires produits par l'action des marées sur l'écorce terrestre.

Les termes lunaires sont, à la vérité, 2 $^1/_2$ fois plus considérables, mais leur importance est beaucoup moindre à raison de la brièveté de leur période.

2. L'action des marées sur l'écorce terrestre, que nous venons d'analyser, n'est pas la seule qu'elles exercent.

Une masse d'eau considérable, dont la position n'est pas fixe à la surface de l'écorce, occasionne, par ses mouvements, des déplacements parallèles du centre de gravité de celle-ci.

Désignons par M la masse totale de l'écorce diminuée de celle du renflement produit par la marée; par M′ celle de ce renflement; par X Y; X′ Y′; X″ Y″ les coordonnées respectives de M, M′, M + M′ rapportées à deux axes passant par le centre du noyau et situés dans le méridien du centre de gravité de M. On aura

$$(M + M')X'' = MX + M'X',$$
$$(M + M')Y'' = MY + M'Y';$$

et, comme X′ et Y′ dépendent des déclinaisons du Soleil et de la Lune, X″ et Y″, c'est-à-dire la position du centre de gravité de l'écorce, en dépendront aussi.

Mais la gravité en un lieu donné est la résultante des attractions exercées par le noyau et par l'écorce en ce lieu; son intensité et sa direction seront donc des fonctions des déclinaisons du Soleil et de la Lune.

Les variations de l'intensité seront-elles sensibles? Cela dépendra de la valeur des rapports $\frac{M'}{M}$ et $\frac{M + M'}{M_0}$,

M_0 désignant la masse du noyau. En tout cas, elles seront fort délicates à déterminer.

Quant aux variations de la direction, elles se traduiront par des déviations périodiques de la verticale, et puisque le centre de gravité du noyau tourne en un jour autour de celui de l'écorce, supposé immobile, le caractère de ces déviations sera diurne, et il en résultera des variations diurnes apparentes de la latitude, qui se produiront en sens inverse en deux lieux distants de 180° en longitude, et, dans le même lieu, à douze heures d'intervalle.

J'ai signalé depuis longtemps cette cause de variations apparentes de la latitude (*).

Elle contribue, avec la première, à occasionner, dans les variations de latitude, la périodicité découverte par M. Vande Sande-Backhuysen.

3. Des effets que les marées et les circonstances météorologiques (accumulation des neiges, grandes perturbations barométriques) peuvent exercer sur les coordonnées apparentes des astres, nous nous sommes borné à analyser celui du déplacement du pôle d'inertie qui résulte de ces deux causes.

Il est indubitable qu'elles produisent d'autres effets encore : la modification de forme qu'elles occasionnent dans le sphéroïde qui constitue l'écorce terrestre altérera certainement les valeurs de ses moments d'inertie A', B', C' et, par suite, les coefficients des termes de la précession et de la nutation qui dépendent de ces moments. Ces coefficients renfermeront donc une partie

(*) *Quelques grandes phases dans l'histoire de l'Astronomie*, 1896.

périodique, fonction des déclinaisons du Soleil et de la Lune.

Mais nous avons démontré dans notre *Théorie du mouvement de rotation de l'écorce terrestre*, que les termes principaux (la précession et le terme nodal) dépendent exclusivement des moyennes entre les moments d'inertie A′, B′, C′ de l'écorce et ceux du noyau A, B, C.

Comme ces derniers sont beaucoup plus considérables que les premiers à raison de la faible épaisseur de l'écorce, il en résulte que la partie périodique de A′, B′, C′, déjà très faible vis-à-vis de leur partie constante, sera sans influence appréciable dans les moyennes $\frac{A+A'}{2}$, etc.

Le terme principal de la nutation ne sera donc altéré que d'une manière absolument insignifiante; quant à la précession, elle ne sera nullement altérée, puisqu'elle ne dépend que de la partie constante.

A la vérité, les termes solaires, qui ne sont déjà pas tout à fait les mêmes que pour une Terre solide, comme nous l'avons établi dans notre *Théorie du mouvement de rotation de l'écorce terrestre*, ainsi que les termes lunaires, seront quelque peu altérés par suite de l'existence des termes solaires et lunaires de A′, B′, C′; mais la théorie serait impuissante à déterminer la valeur de ces altérations, et il s'écoulera bien des années encore avant que la pratique puisse en soupçonner l'existence.

Il en sera de même quant à la période chandlérienne qui, pour nous, dépend exclusivement des moments d'inertie A′, B′, C′ de l'écorce, et renfermera, par conséquent, une partie périodique très faible, fonction des déclinaisons du Soleil et de la Lune.

—

Les Néoméniens de l'Expédition antarctique belge et la distribution géographique des Aplacophora; par Paul Pelseneer, correspondant de l'Académie.

I. — Néoméniens antarctiques.

Parmi les Mollusques rapportés par l'Expédition antarctique belge (A. de Gerlache, 1897-1899), les plus intéressants sont peut-être deux formes de Néoméniens capturés pendant la dérive de la *Belgica*.

Ces organismes constituent non seulement des espèces nouvelles, mais aussi les premiers exemples de Néoméniens bien définis, observés au sud du tropique du Capricorne. L'un d'eux est un *Proneomenia*, l'autre un *Paramenia*.

1. *Proneomenia Gerlachei* (1) n. sp. — Cette première forme appartient au genre *Proneomenia* Hubrecht, notamment par l'absence de branchies, la présence d'une radule bien développée et de spicules feutrés. Elle se distingue des autres espèces connues par les caractères suivants :

1° Radule polystique, renfermant un peu plus de 40 dents par rangée transversale (2);

2° Outre deux longues glandes salivaires paires, une glande buccale dorsale médiane;

3° Une seule paire de vésicules séminales.

---

(1) Ainsi nommé en l'honneur du commandant Adrien de Gerlache, organisateur et chef de l'Expédition antarctique belge.

(2) Cette radule présente manifestement une membrane basale.

Longueur totale : 4,5 centimètres; largeur : 0,25 centimètre; indice : $^{18}/_{1}$.

Couleur : brunâtre.

Localité : environ 70°5′ S., 81°50′ W. (18 octobre 1898), vers 550 mètres de profondeur.

2. *Paramenia cryophila* n. sp. — Cette espèce appartient au genre *Paramenia* Pruvot, notamment par l'existence de branchies, d'une glande salivaire dorsale et par la situation terminale, verticale, de l'ouverture cloacale. Elle se distingue des autres formes connues par les caractères suivants :

1° Aucune trace de carène dorsale, même en arrière;

2° Radule bien développée;

3° Lames branchiales au nombre de quatre.

Longueur totale : 5 millimètres; largeur : 0,5 millimètres; indice $^{10}/_{1}$ (au lieu de $^{6}/_{1}$ chez les autres espèces connues).

Couleur : blanchâtre.

Localité : comme le précédent, 70°5′ S.; 81°50′ W., vers 550 mètres de profondeur.

II. — Distribution géographique des Aplacophora.

Jusqu'à ces dernières années, les Aplacophora étaient regardés comme des organismes très localisés et rares, que l'on avait principalement rencontrés au nord de l'Europe et dans l'ouest de la Méditerranée (à Banyuls notamment).

Or, divers zoologistes explorateurs, par des récoltes récentes, encore en grande partie inédites, auront beaucoup contribué à faire voir que l'aire de dispersion de ces

animaux est fort étendue, au point que ceux-ci paraissent actuellement être cosmopolites.

La carte de cette distribution géographique (voir la planche ci-jointe) a pu être dressée dès maintenant, grâce à l'obligeance extrême de divers collègues qui m'ont fourni sur ce point spécial des renseignements inédits : ce sont MM. Chun, Haswell, Kofoid, A. Kowalevsky, Nansen (1), Thiele et surtout Max Weber, dont l'expédition du *Siboga* dans les mers des Indes néerlandaises — si productive à tant d'égards — a ramené 58 exemplaires de Néoméniens, appartenant à une demi-douzaine d'espèces et provenant de 25 stations différentes, entre 18 et 3088 mètres de profondeur (2).

On verra, sur la carte ci-après, les localités classiques du nord de l'Europe et de la Méditerranée occidentale, plus les diverses autres reconnues jusqu'aujourd'hui, c'est-à-dire :

1° Pour les Néoméniens :

Spitzberg (*Proneomenia Langi* Simroth; *Pr. Thulensis* Thiele); mer de Barents (*Proneomenia Sluiteri* Hubrecht); côtes de Norvège (plusieurs *Neomenia*, *Proneomenia* et « *Solenopus* »; N. et W. d'Écosse et d'Irlande (3) (plusieurs *Neomenia*); Manche : Plymouth (*Rhopalomenia aglaophe-*

---

(1) Absence de Néoméniens dans les récoltes du *Fram* (communication épistolaire).

(2) Ce dernier niveau est de beaucoup inférieur à tous ceux où l'on a rencontré jusqu'à présent des Neomeniidæ : la plus grande profondeur connue précédemment étant 548 mètres (*Neomenia Dalyelli*), concordant avec celle des Néoméniens antarctiques.

(3) Haddon, *Proc. Roy. Soc. Dublin* (*New ser.*), vol. VII, pp. 258 et 260.

niæ et *Myzomenia banyulensis*) (1), Boulogne (2), Roscoff (*Myzomenia banyulensis* Pruvot); Méditerranée : Banyuls (diverses espèces de Pruvot), Marseille (diverses espèces de Marion et Kowalevsky), Gênes et Messine (*Neomenia affinis* Koren et Danielssen), Naples (diverses formes de Hubrecht et Thiele), La Calle (Algérie) (*Rhopalomenia gorgonophila* Pruvot et *Strophomenia Lacazei* Pruvot); Antilles (*Neomenia microsolen* Wiren et *Rhopalomenia acuminata* Wiren); N.-E. Pacifique (Néoméniens inédits de l'*Albatross*); détroit de Torres et côte E. de l'Australie (respectivement *Notomenia clavigera* Thiele et *Proneomenia australis* Thiele) ; Sydney (3); Zanzibar (*Proneomenia* inédit de la *Valdivia*); Indes néerlandaises (*Proneomenia amboinensis* Thiele et Néoméniens divers du *Siboga*); Antarctique (les deux espèces de la *Belgica*).

2° Pour les Chaetodermiens :

Côte W. du Groenland; côte W. du Spitzberg; côte E. de la Nouvelle-Zemble (*Chaetoderma productum* Wiren), mer Blanche; mer du Nord et Kattegat; Atlantique N.-W. (sud du Nouveau-Brunswick); Antilles (Saint-Thomas : *Chaetoderma nitidulum* Loven); Philippines (*Chaetoderma militare* Selenka); mer de Marmara (forme inédite de A. Kowalevsky).

Les Aplacophora ne manquent donc, *jusqu'ici*, que dans le Sud-Atlantique et le Sud-Est-Pacifique.

---

(1) GARSTANG, *British Aplacophora*, PROC. MALACOL. SOC. LONDON, vol II, p. 124

(2) Formes encore indéterminées (HALLEZ, *Le laboratoire du Portel*, *in* BOULOGNE ET LA RÉGION BOULONNAISE, t. II, pp 548 et 549. Boulogne, 1899).

(3) HASWELL, *Journ. Sydney Univ. Medic. Soc.*, vol. I, p. XXXI (un seul spécimen, indéterminé, mal conservé, pris à 10 mètres de profondeur).

III. — Bipolarité.

La connaissance de la distribution géographique des Aplacophora soulève la question — très actuelle — de la bipolarité ou des formes *exclusivement* bipolaires.

On ne peut pas encore, évidemment, parler de Chætodermiens bipolaires, puisque aucune espèce de cette famille n'a été rencontrée jusqu'ici dans l'hémisphère sud.

Mais l'Expédition antarctique de de Gerlache ayant découvert deux Néoméniens en dedans du cercle polaire austral, la question se présente d'elle-même pour ces derniers.

Or, les deux espèces antarctiques de la *Belgica* sont nouvelles, donc différentes de toutes celles connues des régions arctiques : il n'y a conséquemment pas d'*espèce* bipolaire parmi les Neomeniidae.

Mais il ne se trouve pas davantage, dans ce groupe, de *forme générique* bipolaire; en effet :

1° *Proneomenia*, présent dans les régions *arctique et antarctique*, ne leur est pas spécial; il est répandu aussi dans la Méditerranée et dans les mers tropicales : océan Indien (*Proneomenia* inédit de la *Valdivia* : Zanzibar) (1), Indes néerlandaises (2), Australie orientale (*Pr. australis* Thiele) : le genre est donc cosmopolite.

---

(1) Thiele (Communication verbale).

(2) Max Weber, *Maatschappij ter bevordering van het natuurk. onderz. d. Nederl. Koloniën*, Bull. 34, p. 12; et *Pr. amboinensis* Thiele.

2° *Paramenia* a été observé dans la région antarctique (*Belgica*), mais non dans l'arctique; il est, jusqu'ici, connu seulement des eaux chaudes de la Méditerranée.

Conséquemment, il ne peut être, non plus, considéré comme bipolaire. Car on ne peut en effet admettre qu'une forme soit bipolaire, pour le simple motif qu'elle est présente en deux points dont l'un serait situé au nord du tropique du Cancer, l'autre au sud du tropique du Capricorne.

Les organismes littoraux bipolaires seraient ceux qui ne se rencontreraient que dans les deux régions biogéographiques *polaires proprement dites,* telles à peu près qu'elles ont été définies par Ortmann (1); ces régions sont très naturellement limitées, sur les côtes de chaque continent, par les aires de rencontre des courants chauds et froids ou aires de grandes variations de température, que Murray, l'un des défenseurs de la bipolarité, a lui-même contribué à faire connaître (2): aires qui se trouvent d'une façon générale, dans chaque hémisphère (voir sur la carte ci-jointe le centre de ces zones), vers le 40e degré de latitude, soit donc au côté polaire des tropiques, et la Méditerranée, notamment, est au côté équatorial de cette limite.

---

(1) Ortmann, *Grundzüge der marinen Tiergeographie*, pp. 46-53.

(2) Murray, *On the annual range of temperature in the surface waters of the Ocean and its relation to other oceanographical phenomena,* Geogr. Journ., 1898

*
* *

Si ces résultats que donne l'examen des Aplacophora sont rapprochés maintenant des conclusions biogéographiques obtenues dans d'autres groupes d'animaux marins antarctiques — ou subantarctiques — récemment étudiés, on constate que pour tous, Spongiaires (1), Échinodermes (2), Crustacés décapodes (3), il y a accord complet : *aucun n'a révélé de forme bipolaire.*

EXPLICATION DE LA CARTE.

Le signe + indique la présence de *Chætoderma.*

Le grisé indique la présence de Néoméniens.

Les tropiques et cercles polaires sont marqués par un trait interrompu.

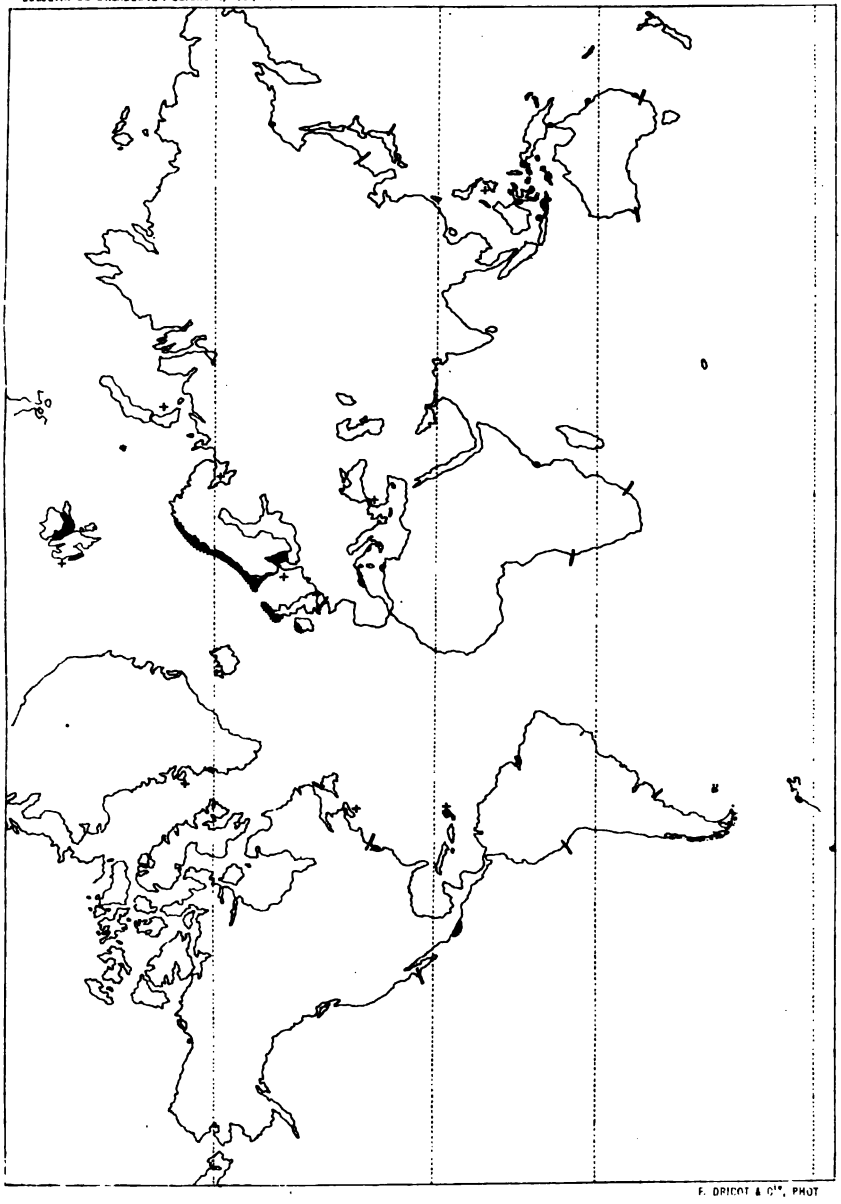
Un large trait noir marque approximativement, sur les côtes de chaque continent, le centre de l'aire qui forme la limite tropicale de la zone polaire.

---

(1) TOPSENT, *Note préliminaire sur les Éponges recueillies par l'Expédition antarctique belge* (ARCH. D. ZOOL. EXPÉR., sér. 3, t. IX, pp. XIII et XVI).

(2) KOEHLER, *Expédition antarctique belge. Zoologie : Échinides et Ophiurides*, pp. 36 à 38.

(3) COUTIÈRE, *Note préliminaire sur les Crustacés décapodes provenant de l'Expédition antarctique belge* (COMPTES RENDUS ACAD. SC. PARIS, t. CXXX, pp. 1641-1642).



F. DRIOT & Cie, PHOT

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur la prétendue indétermination des réactions dans les équations d'équilibre des corps indéformables* (*); par Ch. Lagrange, membre de l'Académie.

I. — *Sur la prétendue indétermination des réactions suivant l'axe de rotation, aux deux points fixes d'un corps solide indéformable.*

1. O, O′ étant les deux points fixes; l'axe OO′ étant axe des z; Z la résultante des forces parallèles à cet axe; W, W′ les réactions en O et O′, on a la relation d'équilibre

$$(1) \quad \ldots\ldots \quad W + W' = Z.$$

Les auteurs (**) sont d'accord pour dire qu'il est

(*) Voir, au sujet de ce travail, les *Rapports* sur un Mémoire de M. E. Ferron [*Bull de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), nos 9-10. 1901].

Le rapport de l'honorable troisième commissaire, M. De Tilly, renferme, au sujet de la Note actuelle, une critique faite en termes trop vagues et généraux pour qu'il soit possible d'y répondre, et qu'il serait donc vivement à désirer de voir préciser dans l'intérêt même de la question classique qui est soulevée ici.

(**) Voy par exemple POINSOT, *Éléments de statique*, § 123; GILBERT, *Mécanique analytique*, §§ 91, 199; STURM, *Cours de mécanique de l'École polytechnique*, § 553.

impossible de calculer séparément W et W′, et qu'il y a donc, en principe, indétermination à cet égard. Quant à la manière d'envisager cette indétermination, les uns, comme Poinsot, cherchant des raisons *a priori*, considèrent que, les points O O′ étant liés d'une manière rigide, toute réaction en O peut aussi bien être considérée en O′, et qu'ainsi O et O′ se partagent leurs réactions d'une manière indéterminée non accessible au calcul; d'autres, comme Gilbert, n'admettent la possibilité du calcul que dans le cas de corps déformables, tels qu'on les envisage en physique moléculaire ou en construction.

Ces explications sont très peu satisfaisantes. Celle de Poinsot ne dit en réalité rien de plus que l'équation $W + W' = Z$ elle-même; elle dit que O et O′ se partagent Z, parce que le corps est rigide. Voilà tout. Quant à la distinction admise par Gilbert, elle paraît bien peu rationnelle; car le cas d'un solide indéformable (à coefficient d'élasticité infini) n'est qu'un cas particulier limite, qui appartient tout aussi bien aux principes de la physique moléculaire, et l'on n'aperçoit pas du tout pourquoi, si les pressions individuelles W, W′ sont calculables dans le cas général, elles cessent de l'être dans celui-ci.

2. Pour élucider cette difficulté, il faut tout d'abord examiner si l'on a bien tenu compte de toutes les données de la question. Or un premier point frappe immédiatement : les forces W, W′ auxquelles on donne ici couramment le nom de *réactions*, ne figurent en réalité nullement comme telles dans le raisonnement. Elles sont simple-

ment introduites comme des forces parallèles à Z et soumises à la condition de lui faire équilibre (de façon que, même pour $Z = 0$, W et W′ pourraient encore avoir des valeurs effectives $W = -W'$). Il y a donc une première condition que l'on néglige sans s'en apercevoir. Une *réaction* est une force qui n'existe que si l'action existe, et qui s'anéantit avec elle. On peut appeler cela le *principe de la réaction.*

Une seconde condition de laquelle on ne tire pas toutes les conséquences, est l'*indéformabilité* ou *rigidité absolue* du corps. On en fait bien usage pour transporter d'un point à un autre de sa direction une force, par exemple Z (*principe du transport*), sans rien changer à l'équilibre; et aussi pour constater que cet équilibre est indépendant de la distribution des points du corps rigide qui ne sont pas points d'application d'une force (*principe de l'indépendance de la forme du corps*) [de telle manière que l'on peut (comme dans le *transport*) ajouter ou retrancher du système de tels points sans rien changer à l'équilibre]; mais une autre idée en découle, qu'on peut appeler *principe de l'indépendance des réactions*, et qui n'est pas moins nécessaire. Elle consiste en ce qu'en vertu de l'indéformabilité, l'état du corps est identique en un point, qu'il existe ou qu'il n'existe pas en ce point une force et sa réaction; d'où il suit que la réaction provoquée en un point par une force est indépendante de l'existence en ce même point d'une autre force et de sa réaction.

3. Les conditions précédentes se résumeront d'après

cela, sans nouveau commentaire utile, sous les points suivants :

1° Principe de la réaction.

2° Indéformabilité du corps : *a*. principe du transport; et principe de l'indépendance de la forme; *b*. indépendance des réactions.

Cela posé, en vertu du principe 1°, Z agissant suivant une ligne donnée, W, W′ sont des fonctions de Z qui s'annulent avec Z. On pourra donc, en considérant d'abord ici la *réaction* W en O, écrire

$$(2) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad W = F(Z) = Z\varphi(Z).$$

Soient u, v deux forces suivant la ligne Z. En vertu de l'indépendance des réactions [2°, *b*], on aura pour la réaction en O :

$$(3) \quad . \quad . \quad . \quad (u + v)\varphi(u + v) = u\varphi(u) + v\varphi(v).$$

D'où, puisque u et v sont quelconques,

$$\left\{ \begin{array}{l} \varphi(u + v) + (u + v)\varphi'(u + v) = \varphi(u) + u\varphi'(u) \\ \varphi(u + v) + (u + v)\varphi'(u + v) = \varphi(v) + v\varphi'(v). \end{array} \right.$$

D'où

$$\varphi(u) + u\varphi'(u) = \varphi(v) + v\varphi'(v);$$

d'où encore

$$2\varphi'(u) + u\varphi''(u) = 0;$$

équation d'où l'on tire, C et C′ étant deux constantes,

$$(4) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \varphi(u) = C + \frac{C'}{u}$$

et

$$u\varphi(u) = Cu + C'.$$

La réaction $u\varphi(u)$ devant s'annuler avec u, on aura $C' = 0$, et en posant $C = K$ constante, $u\varphi(u) = Ku$, ou généralement

(5) . . . . . $W = KZ$ (*).

On trouverait semblablement

(6) . . . . . $W' = K'Z$;

ce qui donne, en vertu de (1),

(7). . . . . $K + K' = 1$.

D'ailleurs, par le principe du transport [2°, a], on peut considérer Z comme appliquée en un point quelconque de la ligne Z, et par conséquent K et K' sont des constantes indépendantes du z de ce point d'application; on peut donc le considérer dans le plan normal à OO' au milieu de la distance OO'. Si l'on change Z en — Z, on aura $W = -KZ$; mais alors, par raison d'identité par rapport à la direction de Z [2°, a, principe de l'indépendance de la forme; puisque le seul élément de dissymétrie qui pourrait exister est la distribution des points où ne sont pas appliquées des forces, et que, par ce principe, les conditions de l'équilibre sont indépendantes de cette

(*) On pourrait aussi évidemment, au lieu d'écrire d'abord $F(Z) = Z\varphi(Z)$, opérer directement sur la forme $F(Z)$.

distribution (*)], W devient égal, en valeur absolue, à la valeur antérieure de W'; c'est-à-dire que l'on a

$$-(-KZ) = K'Z,$$

(8). . . . . $K = K'$;

ce qui donne, par (7) et (8),

$$K = K' = \tfrac{1}{2},$$

(9) . . . . . $W = W' = \tfrac{1}{2}Z.$

4. Telle est la solution bien simple du problème. Les réactions ne sont nullement, comme on le croyait, indéterminées. Elles sont entièrement déterminées, égales entre elles, et chacune à la moitié de la force Z parallèle à la ligne qui joint les deux points; résultat que pouvait faire prévoir le sens commun (**).

La solution précédente rend d'ailleurs compte d'elle-même de ce qu'il pouvait y avoir de vrai dans les consi-

---

(*) Bien loin que cette indépendance constitue une *hypothèse*, comme elle est une conséquence des données de la question en mécanique rationnelle, ce serait tout au contraire introduire une *hypothèse* sans justification possible que de supposer le contraire.

(**) Il s'agit au fond d'un cas du même genre que celui d'une tige T reliée en deux de ses points A, B à deux ressorts en spirale, identiques entre eux, concentriques à la tige et ayant des points fixes A', B' indépendants de T. Tout effort Z exercé sur T tendrait également les ressorts, et leurs tensions (leurs réactions) seraient chacune égale à $\frac{Z}{2}$.

dérations présentées par divers géomètres au sujet de ce qui semblait une énigme. Elle abonde dans le sens de Gilbert, mais en montrant que le cas limite du corps indéformable, pris en lui-même, constitue lui-même par ses données limites un problème défini de physique moléculaire; et elle n'est pas en contradiction avec l'explication un peu vague de Poinsot sur le partage réciproque des pressions aux deux points; elle montre simplement que, n'y ayant aucune raison pour favoriser l'un de ces points plutôt que l'autre, le calcul, d'accord avec la raison, doit nécessairement décider que le partage est égal.

Au fond, le véritable intérêt de tout ceci repose sur la remarque relative à la définition de la *réaction*, remarque qui pourrait trouver son utilité dans d'autres questions de mécanique théorique. Il serait d'ailleurs oiseux de s'étendre plus sur une chose qui doit maintenant paraître assez simple, mais dont on appréciera cependant la portée par celle même du fait que, depuis plus d'un siècle, et aujourd'hui même, l'inexactitude qu'elle met en évidence est enseignée comme une vérité dans les livres et l'enseignement les plus autorisés.

II. — *Solution générale du problème des réactions prétendument indéterminées des corps indéformables. Principe du moindre travail des pressions.*

5. Comme on a pu le remarquer, la solution du problème précédent n'a été possible que grâce à une condition de symétrie propre à l'existence de *deux* points fixes

seulement, déterminant un axe. En dehors de ce cas particulier, les idées de principe qui ont été formulées seraient insuffisantes. Cette insuffisance provient de ce que l'on n'a pas envisagé dans toute son étendue la notion de la liaison des points dans un système indéformable. Il reste, en effet, à chercher ce que donnent, dans le cas limite de l'indéformabilité, les équations générales des systèmes à liaisons indépendantes du temps. Il en résultera, comme nous allons le voir, une condition nouvelle, à laquelle on peut donner le nom de *principe du moindre travail des pressions* et qui, jointe aux idées de principe déjà mises en œuvre plus haut, constitue une méthode générale de détermination des réactions dans tous les problèmes où elles paraissaient jusqu'ici indéterminées.

6. L'idée de *réaction* implique nécessairement celle d'une déformation de laquelle naît une résistance. L'indéformabilité constitue un cas limite, mais dont on ne peut concevoir en elles-mêmes les réactions que par la considération de déformations infiniment petites.

Soit P une pression en un point A; e la déformation infiniment petite produite dans l'appui. On aura $P = \varphi(e)$. D'ailleurs $\varphi(o) = 0$ puisque, en vertu du *principe de la réaction*, P est nulle quand l'action, et par suite e, est nulle.

Donc

$$(10). \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad P = \varphi'(0)e = ke,$$

k étant un coefficient constant.

On a d'ailleurs entre tous les points du système appui,

système à liaison, avec des notations connues l'équation

$$(11)\ \sum\left\{X\delta x+Y\delta y+Z\delta z-\left(m\frac{d^2x}{dt^2}\delta x+m\frac{d^2y}{dt^2}\delta y+m\frac{d^2z}{dt^2}\delta z\right)\right\}=0.$$

Or, dans le cas de l'indéformabilité, en vertu du *principe de l'indépendance des réactions*, les accélérations sont égales à zéro, puisque, après chaque temps infiniment petit dt, le système se retrouve identique à lui-même. Le travail virtuel total est donc nul, et l'on a .

$$(12)\ .\ .\ .\ .\ \Sigma(X\delta x+Y\delta y+Z\delta z)=0.$$

Les liaisons étant indépendantes du temps, on peut remplacer les variations par des différentielles; et en passant aux pressions P, qui sont ici forces motrices, on aura

$$(13).\ .\ .\ .\ .\ Pde+P'de'+\cdots=0;$$

c'est-à-dire, à cause de (10), où

$$de=\frac{1}{k}dP,\qquad de'=\frac{1}{k}dP',\ldots$$

$$(14)\ .\ .\ .\ ..\ PdP+P'dP'+\cdots=0.$$

ou

$$(14')\ .\ .\ .\ .\ .\ \Sigma P^2=\text{minimum}.$$

La somme des carrés des pressions est un minimum, ou

encore : le corps repose sur l'appui de manière que *le travail des pressions* qu'il provoque *est un minimum*. Tel est le principe du *moindre travail des pressions*, résultat immédiat de la condition d'indéformabilité.

La condition (14) (14)′ jointe aux équations d'équilibre du corps, dans lesquelles interviennent les pressions, détermine entièrement chacune de ces pressions (*). Il suffit, sans nuire à la généralité, de présenter ici des exemples.

7. *Application au cas des pressions* W, W′ *aux points fixes de l'axe de rotation.*

On a (comme plus haut)

$$(15) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad W + W' = Z,$$

et, par la moindre action,

$$W^2 + W'^2 = \text{minimum},$$

$$WdW + W'dW' = 0;$$

ou, éliminant W′ par (15),

$$WdW + (Z - W)(-dW) = 0,$$

d'où

$$W = \frac{Z}{2}$$

(*) Par un procédé qui rappelle la détermination des grandeurs conditionnelles en calcul des probabilités.

et aussi

$$W' = \frac{Z}{2},$$

ainsi que nous l'avions d'abord établi autrement.

8. *Application au cas d'un corps qui repose sur un plan par quatre points.*

Soient : Z la résultante des forces qui sollicitent le corps normalement au plan; P_1 P_2 P_3 P_4 les pressions aux quatre points d'appui A_1 A_2 A_3 A_4 dont les coordonnées par rapport à deux axes rectangulaires dans le plan sont

$$a_1b_1, \quad a_2b_2, \quad a_3b_3, \quad a_4b_4;$$

M, L, les moments de Z par rapport à ces axes.

On aura les trois équations d'équilibre :

$$\begin{cases} (16). \quad . \quad Z + P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 0, \\ (17). \quad . \quad L + P_1a_1 + P_2a_2 + P_3a_3 + P_4a_4 = 0, \\ (18). \quad . \quad M + P_1b_1 + P_2b_2 + P_3b_3 + P_4b_4 = 0, \end{cases}$$

qui laissent P_1 P_2 P_3 P_4 indéterminées. Le principe du minimum de travail donne

$$(19) \quad . \quad . \quad P_1\delta P_1 + P_2\delta P_2 + P_3\delta P_3 + P_4\delta P_4 = 0.$$

En résolvant (16) (17) (18) par rapport à P_2 P_3 P_4, transportant leurs valeurs dans (19), on obtient une équation de la forme

$$F(P_1P_2P_3P_4)\delta P_1 = 0,$$

qui donne

$$(20) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad F(P_1P_2P_3P_4) = 0.$$

Les quatre équations (16), (17), (18), (20) font connaître les inconnues P_1 P_2 P_3 P_4.

Procédé de calcul par les indéterminées.

Soient q_1 q_2 q_3 des grandeurs à déterminer. Multipliant (16), (17), (18) respectivement par q_1 q_2 q_3 et ajoutant, on a :

$$\begin{aligned} &P_1(q_1 + a_1q_2 + b_1q_3) + P_2(q_1 + a_2q_2 + b_2q_3) \\ &+ P_3(q_1 + a_3q_2 + b_3q_3) + P_4(q_1 + a_4q_2 + b_4q_3) \\ &= -Zq_1 - Lq_2 - Mq_3; \end{aligned}$$

d'où

$$\begin{aligned} (21) \quad . \quad . \quad &(q_1 + a_1q_2 + b_1q_3)\delta P_1 + (q_1 + a_2q_2 + b_2q_3)\delta P_2 \\ &+ (q_1 + a_3q_2 + b_3q_3)\delta P_3 + (q_1 + a_4q_2 + b_4q_3)\delta P_4 = 0 \end{aligned}$$

Comparant (21) à (19), on posera

$$(22) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \begin{cases} q_1 + a_1q_2 + b_1q_3 = P_1 \\ q_1 + a_2q_2 + b_2q_3 = P_2 \\ q_1 + a_3q_2 + b_3q_3 = P_3 \\ q_1 + a_4q_2 + b_4q_3 = P_4. \end{cases}$$

Les équations (16), (17), (18), (22) constituent sept équations entre les sept inconnues P_1 P_2 P_3 P_4, q_1 q_2 q_3. On en tire P_1 P_2 P_3 P_4. L'équation (19) est satisfaite en vertu de (21) (22).

Calcul. En portant (22) dans (16), (17), (18), on a trois équations qui déterminent $q_1\ q_2\ q_3$, savoir :

$$(23)\ldots\left\{\begin{array}{l} Z + 4q_1 + q_2[a] + q_3[b] = 0 \\ L + q_1[a] + q_2[aa] + q_3[ba] = 0 \\ M + q_1[b] + q_2[ab] + q_3[bb] = 0. \end{array}\right.$$

D'ailleurs rien n'empêche de faire passer les axes par le centre de gravité des points d'appui $A_1\ A_2\ A_3\ A_4$, et même de les faire coïncider avec les axes principaux du système $A_1\ A_2\ A_3\ A_4$. On aura alors

$$[a] = 0, \qquad [b] = 0, \qquad [ab] = 0,$$

et les équations (23) s'écriront :

$$(24)\ldots\ldots\left\{\begin{array}{l} Z + 4q_1 = 0 \\ L + q_2[aa] = 0 \\ M + q_3[bb] = 0; \end{array}\right.$$

d'où

$$q_1 = -\frac{Z}{4}, \quad q_2 = -\frac{L}{[aa]}, \quad q_3 = -\frac{M}{[bb]};$$

et il vient ensuite

$$(25)\ldots\ldots\left|\begin{array}{l} P_1 = -\dfrac{Z}{4} - \dfrac{a_1 L}{[aa]} - \dfrac{b_1 M}{[bb]} \\[2ex] P_2 = -\dfrac{Z}{4} - \dfrac{a_2 L}{[aa]} - \dfrac{b_2 M}{[bb]} \\[2ex] P_3 = -\dfrac{Z}{4} - \dfrac{a_3 L}{[aa]} - \dfrac{b_3 M}{[bb]} \\[2ex] P_4 = -\dfrac{Z}{4} - \dfrac{a_4 L}{[aa]} - \dfrac{b_4 M}{[bb]}. \end{array}\right.$$

$[aa]$, $[bb]$ sont les moments d'inertie principaux du système des points d'appui.

Si Z passe par le centre de gravité du système $A_1 A_2 A_3 A_4$, on a

$$L = 0, \qquad M = 0,$$

et

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = -\frac{Z}{4}.$$

La pression se répartit alors *également sur les quatre points d'appui.*

On traiterait semblablement le cas d'un nombre quelconque de points d'appui.

9. Nous croyons avoir bien établi, par tout ce qui précède, que les conditions idéales de l'indéformabilité considérée en mécanique rationnelle, ne conduisent nullement, comme on l'enseigne aujourd'hui, à une indétermination réelle des pressions dans les problèmes classiques que nous venons d'envisager, et qu'il y a donc lieu de modifier à cet égard ce que l'on a dit couramment jusqu'ici dans l'enseignement. Le paradoxe de l'indétermination des pressions, signalé par les auteurs comme une sorte d'énigme, vient simplement de ce que l'on ne tirait pas des données du problème tout ce que renferme leur définition.

—

ÉTUDE DU PRINCIPE DE LA LIMITE. — *Limites et infiniment petits. Cas en défaut du principe de la limite, et remarque sur le symbole* ZÉRO; par Ch. Lagrange, membre de l'Académie.

1. J'ai eu l'occasion, dans mon travail intitulé *Étude sur le système des forces* (*), de présenter au sujet de la nécessité de l'idée d'*infiniment petit* et de l'insuffisance de l'idée de limite, des exemples dont la solidité s'est confirmée pour moi par le fait que personne jusqu'ici, malgré mon insistance, n'a pu en apporter la réfutation.

Des cas nombreux du même ordre se sont présentés ensuite dans l'étude des probabilités (**) et ont ramené particulièrement mon attention sur ce sujet capital. Tous ces cas constituent un ordre de questions que l'on peut classer sous la dénomination de : *cas en défaut du principe de la limite*, principe (***) dont ils démontrent ainsi

---

(*) *Mém. de l'Acad. roy. de Belgique*, pp. 607 et suiv., 1892.

(**) J'en signalais dès 1893, c'est-à-dire immédiatement après la publication de mon mémoire; par exemple dans la formule

$$H_x = \frac{x^q(1-x)^e dx}{\int_0^1 x^q(1-x)^e dx}$$

de la probabilité d'une cause, où, si l'on passe à la limite au numérateur aussi bien qu'au dénominateur, comme l'enseigne la règle technique de la limite, on obtient un résultat absurde; dans des problèmes tels que celui-ci : probabilité que le centre d'un disque tombe au centre d'un parquet circulaire, etc.

(***) Voir plus loin, pour la définition de ce principe, le § 9.

en fait, ou l'insuffisance, ou le caractère erroné; ils font voir en outre que l'erreur que l'on commet en appliquant, dans ces cas, ce principe, a pour cause une autre déviation qui, à tous égards et en particulier au point de vue de l'enseignement, commande l'attention des mathématiciens. Elle réside dans une interprétation fausse du signe ou symbole *zéro*, signe qui exprime simplement la non-existence d'une grandeur, mais que, par une sorte d'illusion et la confusion d'un mot et d'une idée, on s'est habitué à considérer couramment, sous l'influence du langage, comme *un état de la grandeur*.

2. Pour fixer les idées par un exemple, sans d'ailleurs nuire à la généralité, et pour montrer en même temps l'impossibilité d'éviter dans l'enseignement la considération de la difficulté dont il s'agit, je prendrai le cas classique du *Problème de l'aiguille*, où l'une des premières questions qui se présentent est celle de la probabilité que l'axe $\overrightarrow{AB}$ de cette aiguille fasse un angle θ donné avec une direction fixe $\overrightarrow{MM'}$ (*).

(*) Questions analogues : Probabilité que le centre d'un disque tombe au centre d'un parquet [1]; probabilité qu'un nombre donné au hasard soit le nombre désigné N; etc.

[1] Un point est la limite d'une surface $\Delta\sigma$, mais n'est pas une surface. Un point désigné, tel que le centre du parquet circulaire, constitue *un* cas favorable dans la *collection* en nombre N des *points différents* du parquet, *collection de points différents* qui constitue, dans l'instant actuel, une réalité objective. Le nombre de ces points différents est actuellement infini, puisque la collection de ces points existe et qu'ils ne sont pas en nombre fini.

La probabilité ayant la forme

$$P = \frac{N_f}{N_p},$$

où N_p, N_f sont les nombres de cas possibles et favorables, on a ici tout d'abord $N_p = n$, en désignant par n un nombre de positions angulairement équidistantes, définies par la division de la circonférence en n angles égaux

$$\Delta\theta = \frac{2\pi}{n};$$

et $N_f = 1$ d'où

$$P = \frac{1}{n}.$$

Si l'on passe à la limite, on a

$$P = \lim \frac{1}{n} = 0.$$

Or ce résultat est faux : 1° Si l'on se reporte à la définition de la probabilité, — puisque la probabilité n'est pas nulle s'il y a *un* cas favorable et qu'*a priori* le résultat doit être différent de celui où il n'y aurait aucun cas favorable (*) — ; 2° Fausse aussi au point de vue du sens commun, car on ne peut pas affirmer que l'aiguille *ne prendra*

(*) Cela reviendrait sous une autre forme à dire que la probabilité $\lim \frac{1}{m} (m = \infty)$ de tirer une boule noire hors d'une urne où il y a une noire et un nombre infini de blanches, est la même que la probabilité $\frac{0}{m}$ de tirer une noire hors d'une urne où il n'y a pas de noires du tout.

pas la direction désignée θ. (Si l'on introduisait explicitement l'angle $\Delta\theta$, on aurait d'abord

$$P = \frac{\Delta\theta}{2\pi},$$

et ensuite, passant à la limite, on trouverait de même $P = 0$, pour $\Delta\theta = 0$; mais cette forme indirecte de P n'est pas nécessaire; celle qui résulte immédiatement de la notion de probabilité est $\frac{1}{n}$).

3. Du résultat précédent, il faut conclure de deux choses l'une : ou bien la forme mathématique

$$P = \frac{N_f}{N_p}$$

donnée pour expression à la probabilité, ou à la mesure du degré de certitude, est en défaut; ou bien on n'a pas ici le droit d'appliquer le principe de la limite, et c'est ce principe lui-même qui se trouve en défaut.

4. Or, il est aisé de le voir, c'est ce second cas qui a lieu, c'est-à-dire que l'erreur réside dans la non-légitimité de l'application du principe de la limite, et non pas dans la formule

$$P = \frac{N_f}{N_p}.$$

En effet : 1° Il serait nécessaire pour que la formule de la probabilité,

$$P = \frac{N_f}{N_p},$$

pût être ici légitimement déclarée en défaut, que la limite obtenue représentât encore une *probabilité définie par*

cette formule; et 2° il est suffisant pour que le principe de la limite soit en défaut, que cette limite ne représente plus une probabilité définie par la formule

$$P = \frac{N_f}{N_p},$$

quel que soit d'ailleurs le bien ou le mal fondé de cette dernière formule en tant qu'elle doit définir la notion de probabilité.

Or, dans la formule

$$P = \frac{1}{n},$$

P est le rapport de l'unité à un nombre n, qu'on peut écrire

$$n = \frac{1}{\varepsilon},$$

le passage à la limite consistant à admettre une valeur de n, et par suite une valeur de P, pour $\varepsilon = 0$.

Mais

$$n = \frac{1}{0}$$

n'a aucune signification, car le *zéro*, bien loin d'être un état de la grandeur ε, indique au contraire la *non-existence* de cette grandeur qui, en divisant l'unité, doit donner n. Or n n'existant pas à la limite,

$$P = \frac{1}{n}$$

n'existe donc pas non plus; par conséquent le principe de la limite est en défaut, puisqu'il présente comme donnant le rapport de l'unité à un nombre (c'est-à-dire comme

exprimant encore une probabilité $P = \frac{1}{n}$), ce qui n'a plus d'existence sous cette forme.

Il en serait de même si l'on partait de la forme

$$P = \frac{\Delta\theta}{2\pi},$$

la probabilité étant ici exprimée par un rapport d'angles; car $\Delta\theta = 0$, qui correspond à la limite, n'est pas une valeur de l'angle $\Delta\theta$. $\Delta\theta = 0$ signifie simplement que l'angle $\Delta\theta$ n'existe plus. Ainsi la limite de P n'est pas de la même espèce que P, et ici encore elle ne représente plus une probabilité. Ce n'est plus une probabilité, parce que $\Delta\theta = 0$ n'est plus un angle.

Cette dernière forme a l'avantage de faire voir qu'un autre caractère essentiel de la probabilité disparaît ici à la limite. *Les cas possibles doivent être distincts* : or ils n'existent comme tels, ils ne sont *différents* que si le $\Delta\theta$ qui les détermine *existe*, c'est-à-dire s'il est différent de *zéro*. Or, pour $\Delta\theta = 0$, les cas distincts n'existent évidemment pas, puisque, si l'on en donnait un, tous se confondraient avec lui.

5. Le petit problème que nous venons de traiter conduit à l'établissement de deux idées, fondamentales pour l'enseignement de l'analyse et étroitement connexes.

L'une consiste (nous allons le voir) dans la nécessité d'une admission nette de l'existence de l'infiniment petit comme grandeur plus petite que toute grandeur finie donnée, sans être zéro.

L'autre dans la notion très simple, mais aujourd'hui aussi méconnue dans le raisonnement qu'elle l'était déjà par le langage, à savoir que *le symbole zéro n'exprime*

jamais un état de la grandeur, mais bien la non-existence de la grandeur.

6. Le premier point est clairement mis en évidence par notre problème. Celui-ci réclame une réponse. L'événement considéré est entièrement défini. Il a une certaine probabilité ou degré de certitude. Ce degré n'est pas nul puisqu'il y a toujours un cas favorable. Il est en fait, sans être nul, moindre que toute grandeur finie. Il faut donc dire que la probabilité est *infiniment petite,* et non pas qu'elle est zéro, comme le principe de la limite, appliqué sans qu'on en ait ici le droit, l'eût indiqué, en opposition avec le sens commun.

De même, à cette probabilité correspond un $\Delta\theta$ qui n'est ni zéro ni aucune quantité finie, qui existe cependant, et auquel correspond un *nombre actuel infini,* celui des cas possibles ou des rayons différents qui existent autour du centre du cercle. Ces rayons différents forment une collection, une réalité physique, actuellement existante, et à moins qu'on défende de demander combien il y en a (ce qui, à sa manière, serait d'ailleurs tout aussi concluant), il faut répondre qu'ils sont en nombre infini, actuellement existants. Le $\Delta\theta$ correspondant existe aussi, et c'est un infiniment petit *fixe* (*), actuellement existant.

(*) On peut concevoir, dans l'ordre infiniment petit, des grandeurs fixes et des variables, tout comme dans l'ordre fini, qui est purement relatif à nos propres conditions d'existence physique. Un *mètre cube* est un infiniment petit fixe par rapport à la *réalité physique actuellement infinie* de l'espace. Si l'on cherchait une échappatoire en soutenant qu'on ne sait pas si l'espace est infini, cela ne détruirait pas

7. La force de l'argument pour prouver ici l'existence de l'infiniment petit et de l'infiniment grand, force contre laquelle viendront toujours échouer les tentatives qui, estimant rendre la science plus claire, la mutileraient en réalité puisqu'elles passeraient des faits sous silence, réside dans l'existence d'une réalité objective *indépendante* de notre *procédé intellectuel* pour nous figurer l'infiniment petit en épuisant le degré de petitesse du fini (*) sous la forme d'une variable finie décroissante; mais notre second point relatif au *zéro* donne à cette existence de l'infiniment petit un autre fondement plus profond encore, c'est-à-dire non plus de simple force objective, mais intellectuel et *a priori*.

En effet, puisque dans la collection des états *actuels* de la grandeur, il en existe un moindre que les autres, il faut bien l'envisager et lui donner un nom; et ce *moindre état de la grandeur* est l'*infiniment petit* et non pas *zéro*, par la simple raison que zéro n'est pas un de ces états.

Cela répond, en en démontrant très simplement l'inexactitude, à une idée d'Euler, renouvelée sous forme d'argument apparemment irrésistible par d'éminents géomètres modernes dans la discussion de principe au sujet de l'infiniment petit (**).

---

l'argument; car, comme on admettrait, par ce doute lui-même, la *possibilité* de l'espace infini, on admettrait donc aussi la possibilité de l'infiniment petit fixe, et c'est tout ce qu'il faut ici.

(*) Du *fini*, c'est-à-dire de l'ordre de grandeur où les conditions de notre propre *existence physique* nous permettent d'effectuer des *mesures physiques*.

(**) Voyez, par exemple, le *Cours d'analyse de l'École polytechnique*, par M. Jordan, p. 4.

Cet argument consiste à dire que si l'infiniment petit est défini : « *une grandeur plus petite que toute grandeur donnée quelque petite qu'elle soit* », *l'infiniment petit est donc zéro*. Déduction fausse et même, qu'on permette de le dire, dénuée de sens, puisque zéro n'est pas un état de la grandeur, mais indique seulement qu'elle n'existe pas (*) (voir plus loin, p. 579).

(*) Ce serait dire que le moindre état d'existence de la grandeur est l'*état d'existence* où elle *n'existe pas*, qu'une chose peut à la fois être et n'être pas. Ceci devrait aussi faire modifier la définition même de la grandeur. Au lieu de la définir : *ce qui est susceptible d'augmentation ou de diminution*, il faudrait ajouter : *en restant de même espèce ;* car, si l'on se reporte à l'expérience, c'est bien la donnée qui sert de base à la définition; et l'on voit bien encore par cela que *zéro* n'est pas une grandeur, car, dès qu'on l'augmente, c'est au moyen de grandeurs *existantes* et qui ne sont, comme telles, pas de son espèce. *Zéro* ne semble commun à toutes les espèces de grandeurs que précisément parce qu'il n'appartient à aucune d'entre elles et qu'il indique simplement qu'aucune d'entre elles n'existe. Ainsi, quand on dit qu'une grandeur ρ passe par *zéro*, on s'exprime inexactement, car jamais une grandeur ne *passe par zéro*, qui n'est pas un de ses états. Dans le changement de signe, il y a discontinuité dans la *direction* φ, mais, sur chaque direction φ donnée, le module ou grandeur ρ n'est jamais zéro. *Sa moindre valeur existe*, mais elle n'est pas finie. Cette moindre valeur est l'infiniment petit, dont l'existence nécessaire est ainsi prouvée.

En faisant intervenir la notion de *direction*, on verrait en outre qu'il n'y a en réalité *jamais de discontinuité dans les fonctions*. Il n'y a de discontinuité apparente que parce que l'on perd de vue certains éléments de la variation continue, laquelle implique tout aussi bien celle de la direction φ; et par contre, et pour la même raison, on admet à tort la continuité dans des cas (comme celui du changement de signe au passage par zéro) où il y a en réalité discontinuité.

On peut encore se convaincre de l'erreur en observant qu'il s'ensuivrait que tous les infiniment petits seraient égaux, ou encore que, si zéro pouvait être pris pour limite d'une variable décroissante, *le rapport de deux telles variables décroissantes tendrait toujours vers l'unité*, car $0 = 0$.

8. Nous avons appliqué à la fonction de probabilité

$$P = \frac{N_f}{N_p},$$

ce qu'il faudrait dire, en vertu de la remarque précédente, à l'égard de toute fonction $y = f(x)$ d'une variable x.

$y = f(0)$ peut exister quoique x n'existe plus, mais cet y là n'est pas une valeur de $f(x)$, puisque 0 n'est pas une valeur de x. Cet y est en réalité une autre fonction des paramètres que contient $f(x)$. Si $f(0)$ se présentait sous la forme $y = \frac{1}{0}$, y lui-même n'existerait plus puisque $\frac{1}{0}$ a un sens *absurde*, celui de la division de l'unité par une grandeur qui n'existe pas. La plus grande valeur que y puisse atteindre est non $\frac{1}{0}$, mais

$$\frac{1}{\textit{l'infiniment petit}} = \textit{l'infiniment grand},$$

dont l'existence nécessaire est dès lors démontrée par les mêmes arguments qui établissent celle de l'infiniment petit. D'ailleurs, en revenant à l'argument objectif, remarquons que les *infinis actuels* et *objectifs* se constatent aussi bien, dans des faits de la dernière simplicité, que les infiniment petits. Exemple : le nombre de rayons différents d'un cercle; le nombre de points différents dans une sur-

face, une ligne, la distance minimum entre deux points différents de la collection étant un infiniment petit; le nombre de lignes parallèles limitées par un contour plan; le nombre infini de tels nombres infinis, pris pour toutes les directions; la longueur totale de ces lignes pour une direction donnée, somme à l'égard de laquelle est infiniment petit, fixe et actuel, chacune des lignes individuelles; etc.

9. En vue de gagner du temps, et l'expérience de l'enseignement légitime cette tolérance, on peut sans doute, sans inconvénient dans une multitude de cas, employer couramment les expressions

$$x = 0, \qquad y = f(0), \qquad y = \frac{1}{0},$$

sans que l'inexactitude du langage porte atteinte à l'exactitude du raisonnement (ou plutôt des résultats). Mais il est des cas où cette inexactitude se transporte tout entière du langage au raisonnement lui-même, et par suite aux résultats, et c'est ce qui arrive justement dans la question, assurément capitale en analyse, des passages à la limite.

Aussi allons-nous maintenant, en partant de la considération directe du principe de la limite et de la signification vraie du symbole *zéro*, analyser de plus près, en la résumant, la raison d'être des cas en défaut, et des erreurs auxquelles conduit ce principe.

Soient $SP_1 P_2 \ldots$ des grandeurs liées par une relation

$$(1) \quad \ldots\ldots \quad S = f(P_1 P_2 \ldots).$$

(S étant, par exemple, la surface, P_1 le périmètre, P_2

l'apothème d'un polygone inscrit dans le cercle, on a $S = \frac{1}{2} P_1 P_2$).

Soient $S' P'_1 P'_2 \ldots$ les limites de $S P_1 P_2 \ldots$, c'est-à-dire des grandeurs dont $S P_1 P_2 \ldots$ peuvent différer simultanément aussi peu qu'on voudra sans jamais les atteindre (S' = surface, P'_1 = circonférence, P'_2 = rayon du cercle).

Posant

$$S' = S + \varepsilon$$
$$P'_1 = P_1 + \varepsilon_1$$
$$P'_2 = P'_2 + \varepsilon_2,$$

on a

$$(1') \quad . \quad . \quad . \quad S' - \varepsilon = f(P'_1 - \varepsilon_1, \quad P'_2 - \varepsilon_2, \cdots),$$

relation identique à (1) et qui n'existe que pour des valeurs ε, ε_1, $\varepsilon_2 \ldots$ effectives, c'est-à-dire différentes de *zéro*. *Le principe de la limite* consiste à *admettre* qu'en faisant

$$\varepsilon = 0, \qquad \varepsilon_1 = 0, \qquad \varepsilon_2 = 0, \cdots$$

dans (1'), quoique cela ne constitue pas cependant un des cas exprimés par (1) ou (1'), on a encore

$$(2) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad S' = f(P'_1 P'_2 \cdots),$$

c'est-à-dire, entre les limites, la même relation qui existe entre les grandeurs auxquelles elles appartiennent.

Ce principe se justifie en admettant qu'on peut écrire (1') sous la forme

$$(1'') \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad S' = f(P'_1 P'_2 \cdots) + E,$$

E étant une quantité variable aussi petite qu'on veut. S'

et $f(P'_1 P'_2 \ldots)$ étant des grandeurs fixes, (1″) n'est possible que si l'on a toujours identiquement

$$E = 0;$$

d'où l'on tire la relation (2).

Mais cette relation (2), pour qu'elle puisse renseigner en S′ une grandeur de l'espèce S, exige une autre condition encore : c'est que les $P'_1 P'_2 \ldots$ restent de la même espèce que les $P_1 P_2 \ldots$

Si $P'_1 P'_2 \ldots$ sont des grandeurs finies, S′(2) sera formé au moyen de $P'_1 P'_2 \ldots$ comme S (1) l'est au moyen de $P_1 P_2 \ldots$ Les seconds membres de (1) et (2) seront des grandeurs de même espèce, propres à représenter également S et une limite de même espèce S′. On ne voit pas alors d'objection à l'application du principe de la limite.

Mais soient

$$P'_1 = 0, \qquad P'_2 = 0, \ldots$$

On aura alors pour (1′)

$$(1') \quad . \quad . \quad . \quad . \quad S' - \varepsilon = f(-\varepsilon_1, \quad -\varepsilon_2, \ldots).$$

Si l'on applique le principe de la limite en vue de trouver dans S′ une valeur de la grandeur S, on aura

$$(2') \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad S' = f(0, \ 0, \ldots).$$

Mais comme 0, 0, ... *ne sont pas des états* des grandeurs $P_1 P_2 \ldots$, il s'ensuit que le second membre de (2′) ne représente plus rien dans l'ordre de la question, c'est-à-dire ne représente plus une grandeur de même espèce que S, qui précisément est défini par la fonction $f(P_1 P_2 \ldots)$; par conséquent, il ne peut représenter une limite de même espèce S′. Dès lors l'application du principe de la limite n'est pas légitime.

10. Tel était le cas du problème de l'aiguille. On avait S égal à la probabilité

$$P = \frac{\Delta\theta}{2\pi},$$

égal à un rapport d'angles;

$$P_1 = \Delta\theta, \qquad P'_1 = 0.$$

Or

$$\Delta\theta = P'_1 = 0$$

n'existant plus,

$$P = S' = 0$$

ne représentait plus une probabilité, c'est-à-dire ici un *rapport d'angles*. Ou bien on avait

$$P = \frac{1}{n} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon}} = \varepsilon, \qquad P_1 = n \text{ ou } P_1 = \varepsilon;$$

et

$$P'_1 = \frac{1}{0} \text{ ou } P'_1 = 0$$

n'existant plus comme grandeur n ou ε, $P = S = 0$ ne représentait plus une probabilité, c'est-à-dire, ici, le rapport de l'unité à un nombre.

On a un cas analogue dans la comparaison de deux rectangles

$$R = a \times b \text{ et } R' = a \times 2b,$$

où

$$b = \frac{1}{n}$$

décroît indéfiniment. On a ici

$$(1) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad S = \frac{R'}{R} = \frac{a \times 2b}{a \times b} = 2,$$

$$P_1 = b = \frac{1}{n}$$

$$P'_1 = 0.$$

Le principe de la limite donnerait encore toujours à la limite, pour le rapport des deux rectangles, $S' = 2$, ce qui est faux ou ce qui n'a aucun sens. Cela vient de ce qu'ici on envisagerait, sans s'en rendre compte, des *rectangles de côtés nuls*, $b = 0$, $2b = 0$, c'est-à-dire des rectangles non existants. Le dernier terme pour lequel la relation (1) subsiste n'est pas la limite, mais l'infiniment petit des rectangles.

Si l'on avait au contraire

$$S' = \frac{R'}{R} = \frac{a \times 2(B + b)}{a \times (B + b)} = 2, \qquad \left(b = \frac{1}{n}\right),$$

avec

$$P_1 = B + b, \qquad P'_1 = B,$$

on pourrait appliquer le principe de la limite, parce qu'à la limite on aurait encore un rapport de *rectangles*.

L'exemple suivant m'a été présenté par M. le sous-lieutenant d'Artillerie A. Dothey. On divise en n parties égales

$$\Delta a = \frac{a}{n}, \quad \Delta b = \frac{b}{n}, \quad \Delta c = \frac{c}{n},$$

les trois côtés

$$BC = a, \qquad AC = b, \qquad AB = c$$

d'un triangle ABC. On joint les points correspondants de AB, BC par des parallèles à AC; les correspondants de AB, BC par des parallèles à BC. Il en résulte, appuyée sur AB, une ligne brisée λ formée de Δa et Δb successifs, et égale à

$$(2) \quad . \quad . \quad \lambda = n.\,\Delta a + n.\,\Delta b = n\frac{a + b}{n} = a + b.$$

Ce résultat, exact quelque petits que soient Δa, Δb, ou quelque grand que soit n, devrait encore subsister à la limite, c'est-à-dire pour

$$n = \frac{1}{0}, \qquad \Delta a = 0, \qquad \Delta b = 0,$$

d'après le principe de la limite, et c'est une faute que des analystes non avertis commettraient très couramment, en oubliant que la relation (1) n'existe pas pour

$$\Delta a = 0, \qquad \Delta b = 0,$$

attendu qu'alors n'existent plus les relations

$$n.\,\Delta a = n.\frac{a}{n} = a, \qquad n.\,\Delta b = n.\frac{b}{n} = b.$$

Mais la nature objective du problème géométrique met ici en évidence la non légitimité de l'application du principe ; car la réalité physique à laquelle se réduit λ à la limite est la collection de *tous les points différents* de la longueur AB $= c$, c'est-à-dire que l'on a, en fait, à la limite, considérée encore comme une longueur,

(3) . . . . . $\lambda \overline{\overline{<}} c$;

et par conséquent on aurait le résultat

$$a + b \overline{\overline{<}} c.$$

Les moindres valeurs de Δa, Δb pour lesquelles (2) subsiste, sont des infiniment petits, et la plus grande valeur de n est un infini (*).

(*) L'exemple proposé pour argument par M. Dothey pour montrer l'erreur du principe de la limite et la nécessité de l'idée d'infiniment petit, attirera encore notre attention, à raison de la nature singulière de l'état limite de λ, quand nous examinerons plus loin (voyez *Addition*, p. 582, § 7) la question des *espèces-limites*, soulevée par une remarque de M. le lieutenant d'Artillerie E. Galet.

Toujours, au fond, pour la même raison, dans la formule

$$\frac{f(x+\Delta x)-f(x)}{\Delta x}=f'(x)+\frac{f''(x)\Delta x}{1.2}+\cdots$$

on n'a pas le droit de faire $\Delta x=0$ et d'écrire

$$\left[\frac{f(x+\Delta x)-f(x)}{\Delta x}\right]_{\Delta x=0}=f'(x),$$

attendu que $\Delta x=0$ n'est pas une valeur de Δx, et qu'alors le premier membre n'a aucune signification.

De même encore quand, dans le développement d'une fonction ψ, en série dont le terme général est A_μ et le reste R_n, on écrit

$$(4) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \psi=\Sigma_1^n A_\mu+R_n,$$

on n'a pas, en fait, le droit d'écrire ensuite, dans le cas de $\lim R_n=0$,

$$\psi=A_1+A_2+\cdots \text{ à l'infini};$$

on devrait écrire rigoureusement

$$\psi=\lim\,(A_1+A_2+\cdots \text{ à l'infini}),$$

attendu que, $n=\frac{1}{0}$ n'étant pas une valeur de n et n'ayant même aucun sens, ou ayant un sens *absurde*, la formule (4) n'existe pas pour $n=\frac{1}{0}$; en d'autres termes, la fonction $A_1+A_2+\ldots$ prolongée à l'infini n'est pas égale à ce que deviendrait $\Sigma_1^n A_\mu$ si l'on y remplaçait n par $\frac{1}{0}$, c'est-à-dire à $\lim \Sigma_1^n A_\mu$ (pas plus que le polygone inscrit du plus grand nombre de côtés n'est jamais le cercle); elle diffère de ψ d'un infiniment petit représenté par $R_{n=\infty}$ (*).

(*) C'est justement à cause de l'intégrale finie à laquelle peut donner lieu l'infiniment petit $R_{n=\infty}$, que l'on ne peut ajouter membre à membre un nombre infini de séries, toutes convergentes et *exactes* (car elles ne sont exactes qu'à un infiniment petit près, R_∞).

L'exemple des séries est analogue à celui de l'intégrale définie

$$I = \int_a^b f(x)dx.$$

Celle-ci, même pour dx infiniment petit, désigne $\lim \Sigma f(x)\,dx$ et non point $\Sigma f(x)\,dx$, et cela parce que I n'est pas un des états de Σ. C'est ainsi que la formule

$$H_x = \frac{x^i(1-x)^e}{\Sigma x^i(1-x)^e},$$

qui exprime la probabilité d'une cause (x), doit s'écrire rigoureusement dans le cas d'un nombre infini de causes, pour lequel le passage à la limite constituerait un cas en défaut,

$$H_x = \frac{x^i(1-x)^e dx}{\int_0^1 x^i(1-x)^e dx + \varepsilon},$$

où ε est un infiniment petit; en infiniment petit du premier ordre, on a alors

$$H_x = \frac{x^i(1-x)^e dx}{\int_0^1 x^i(1-x)^e dx},$$

mais le passage à la limite donnerait le résultat à la fois faux et absurde $H_x = 0$.

11. On pourrait multiplier les exemples pour montrer l'impossibilité d'éliminer la notion pure de l'infiniment grand et de l'infiniment petit, si, comme on doit le faire, on veut raisonner en rigueur. Un des plus frappants, et duquel nous venons déjà de parler, est celui de l'erreur que

l'on commet couramment, en donnant pour valeur du rapport de deux fonctions

$$y = f(x), \qquad z = \varphi(x),$$

qui deviennent *zéro* pour une valeur donnée de x, le rapport de leurs dérivées, alors que ces y, z n'existent plus, que leur rapport n'existe donc pas non plus et n'a plus même aucune signification, erreur qui repose toujours sur la même fausse appréciation du symbole zéro. On le trouverait sans aller plus loin dans ce même *problème de l'aiguille,* qui nous a servi d'introduction. $2l$ étant la longueur de l'aiguille, $2a$ la largeur des planches parallèles du parquet, avec $2l > 2a$, θ_1 l'angle entre l et a quand le centre de l'aiguille est au milieu d'une planche et que son extrémité touche une des lignes de séparation des planches, on a pour la probabilité de toucher au moins une de ces lignes en jetant l'aiguille,

$$P = \frac{2l}{\pi a}[\theta_1 \cos\theta_1 - \sin\theta_1 + 1],$$

ou, comme

$$\cos\theta_1 = \frac{a}{l},$$

$$P = \frac{2}{\pi}\left[\theta_1 + \frac{1 - \sin\theta_1}{\cos\theta_1}\right].$$

Pour calculer P dans le cas de $l = \infty$, on fait

$$\theta_1 = \frac{\pi}{2},$$

et, comme le rapport

$$\frac{1 - \sin\theta_1}{\cos\theta_1}$$

se présente alors sous la forme $\frac{0}{0}$, on le remplace par le rapport des dérivées

$$\frac{-\cos\theta_1}{-\sin\theta_1} = 0\left(\text{pour } \theta_1 = \frac{\pi}{2}\right);$$

d'où l'on conclut $P = 1$; résultat évidemment faux, puisque l'aiguille pourrait tomber parallèlement aux lignes de séparation et que, dans ce cas, elle ne toucherait pas.

L'erreur d'analyse, qui devient ici flagrante par un exemple concret, consiste en ce que si l'on a

$$\cos\theta_1 = \frac{a}{l},$$

il n'existe en réalité aucune valeur de l capable de rendre $\cos\theta_1 = 0$. La moindre valeur de $\cos\theta_1$ correspond à la plus grande valeur de l, c'est-à-dire à l infiniment grand, et non à $l = \frac{1}{0}$, qui n'existe pas et qui a un sens absurde. La moindre valeur de $\cos\theta_1$ admise par la formule est donc l'infiniment petit et non zéro.

Dès lors, la plus petite valeur admissible de

$$\frac{1 - \sin\theta_1}{\cos\theta_1}$$

est un infiniment petit ε, et la valeur de θ_1 la plus rapprochée de $\frac{\pi}{2}$ est $\frac{\pi}{2} - \varepsilon$. On a donc

$$P = \frac{2}{\pi}\left[\frac{\pi}{2} - \varepsilon + \frac{\varepsilon}{2}\right] = 1 - \frac{\varepsilon}{\pi},$$

et il faut répondre que, dans le cas de l infini, la probabilité = *l'unité — un infiniment petit,* mais non la certitude ; ce qui est conforme au sens commun.

Le passage à la limite du rapport

$$\frac{1 - \sin \theta_1}{\cos \theta_1}$$

constitue donc bien de nouveau un *cas en défaut* du principe de la limite; on ne peut se trouver d'accord avec la vérité et le sens commun qu'en n'appliquant pas ici ce principe, et il est évident par là qu'on ne saurait dans un traité de probabilités enseigner le passage à la limite comme procédé général de résolution des problèmes qui impliquent la notion de l'infini, car il conduit à des solutions fausses qui seraient bientôt aperçues. Si l'on veut éviter la notion d'infini et d'infiniment petit, on est donc contraint aussi d'éviter tout un ordre de problèmes, c'est-à-dire contraint d'être incomplet (*).

(*) Les problèmes concrets dont nous nous occupons font aussi ressortir par des questions de fait la très mauvaise définition de l'infiniment petit de Cauchy, dont nous avons déjà assez mis autrefois en évidence [1] le caractère défectueux. Car si, contraint par la fausseté des résultats auxquels conduit le principe de la limite, on accordait que la probabilité P est ici, si l'on veut, un « infiniment petit », dans le sens « *une grandeur variable qui a pour limite zéro* », — sans faire attention que le fait de *varier* ne change rien à la nature de la grandeur dans chacun de ses états, et qu'on appellerait dès lors « *infiniment petit* » ce qui n'est nécessairement ni infiniment petit ni même petit, bien plus ce qui est en chaque instant « fini », — ce qu'on répondrait serait équivalent, en fait, à la forme vulgaire mais expressive suivante : la probabilité est égale à $\frac{1}{2}$ qui décroît, à $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{n}$, etc. qui décroît; ce qui signifierait simplement *qu'elle n'est ni* $\frac{1}{2}$, *ni* $\frac{1}{3}$, etc.,

[1] *Étude*, etc., p. 681.

Pour s'exprimer correctement, il faudrait dire qu'une fonction telle que $u = \frac{f(x)}{g(x)}$, quand $f(a) = 0$ et $g(a) = 0$, *n'existe pas* pour $x = a$, et que la valeur de x la plus rapprochée de a pour laquelle elle existe encore diffère de a d'*un infiniment petit*, soit $x = a + dx$. Puisque la valeur $u = \frac{0}{0}$ n'est pas ici *indéterminée*, mais qu'elle n'existe réellement pas, on dit donc une chose vide de sens quand on renseigne sa *vraie valeur* sous la forme

$$u = \frac{f(a) + f'(a)dx + \cdots}{g(a) + g'(a)dx + \cdots} = \frac{f'(a)}{g'(a)}$$

---

c'est-à-dire aucune fraction finie; et comme il s'agit pourtant de choisir, c'est-à-dire de renseigner un rapport de cas possibles et favorables déterminé par les données géométriques de la question, cela ferait assez ressortir aussi que la définition ci-dessus donnée de l'« infiniment petit » ne répond pas à la solution, puisqu'on ne fait en somme, dans ce qui précède, que rejeter successivement toutes les solutions qu'elle offre, en disant : le rapport cherché n'est ni $\frac{1}{2}$, ni $\frac{1}{3}$, ni $\frac{1}{n}$, etc. Cette fausse définition, qui se détruit ainsi en se rejetant toujours, contraindrait donc elle-même ses partisans à dire : le rapport cherché, ou la probabilité, n'est ni zéro ni aucune grandeur finie ; or cela c'est dire qu'elle est un *infiniment petit*, dans le sens où le langage et le sens commun l'avaient entendu, l'entendent encore et l'entendront toujours naturellement.

Quand on y regarde de près, on voit que ce qui est *variable* dans la définition de Cauchy, c'est l'évaluation intellectuelle que nous opérons pour chercher à nous *figurer* l'infiniment petit en épuisant le fini, et qu'ainsi cette mauvaise définition confond ce procès variable de la *figuration*, d'ailleurs en elle-même impossible (et même absurde, puisque *figuration*, c'est-à-dire *figure*, implique objet *fini*, c'est-à-dire représentation, sous forme finie, de ce qui n'est pas fini) avec l'objet qu'elle prétend atteindre. Ce que Cauchy appelle *infiniment petit* et qui est toujours *fini*, s'appelle en français *quantité de plus en plus petite* ou *indéfiniment (plus) petit*.

pour $dx = 0$. On oublie qu'on n'a le droit de diviser par dx que si dx existe.

Bien loin d'enseigner à trouver la valeur du rapport, on devrait donc au contraire faire remarquer que cette valeur n'existe pas (*); et une simple remarque de ce genre, dont la justesse ne peut être contestée à propos d'une question classique de l'enseignement, y introduirait, bon gré mal gré, avec toutes ses conséquences, l'idée vitale de l'infiniment petit, car il faudrait bien se demander de combien diffère de a la valeur x la plus voisine pour laquelle le rapport existe encore.

Ceci est élémentaire. Il faut cependant y insister puisqu'il s'agit de notions nécessaires, dont la suppression fausserait les idées. Que non seulement

$$u_a = \frac{f'(a)}{g'(a)}$$

n'est pas la vraie valeur de u, mais que *ce n'en est pas même une valeur*, on le verrait autrement encore si l'on considérait une autre fonction

$$v = \frac{F(x)}{G(x)}$$

pour laquelle on aurait aussi

$$F(a) = 0, \qquad G(a) = 0;$$

on trouverait, en effet, par cette règle de la limite, pour soi-disant vraie valeur de v, correspondante à $x = a$,

$$v_a = \frac{F'(a)}{G'(a)},$$

(*) Et non pas, comme déjà D'Alembert, dire que $\frac{0}{0}$ *pouvant être égal à tout ce qu'on veut* peut bien être égal à $\frac{f'(a)}{g'(a)}$.

c'est-à-dire v_a et u_a différents, quoique *en fait*, aussi bien analytiquement que si on employait la représentation géométrique des courbes

$$y = f(x), \quad z = g(x), \quad Y = F(x), \quad Z = G(x),$$

il y ait *identité objective* entre

$$u_a = \frac{0}{0} \text{ et } v_a = \frac{0}{0}.$$

On voit qu'ici, comme dans toutes les questions précédentes, l'argument trouve appui dans l'existence d'un *fait objectif;* en outre, la question, à laquelle il faut répondre car le refus de réponse ne serait pas moins démonstratif : *Quelle est la valeur de* x *la plus rapprochée de* a *pour laquelle les rapports* u, v *existent encore et sont différents*, mettrait en évidence la nécessité de la notion de l'infiniment petit comme grandeur réellement existante, moindre que toutes les grandeurs finies, et cependant différente de zéro (*).

12. Nous reviendrons sur ces points en exposant, dans une autre note, comment, à notre sens, d'après la notion aussi élémentaire et importante que mal appréciée du zéro, devraient être exposés les principes du calcul infinitésimal. Ce qui en tous cas est établi pour le moment, c'est que des *faits objectifs*, tout à fait indépendants de nos *moyens techniques* d'évaluation, prouvent l'impossibilité d'éliminer la notion pure de l'infini et de l'infini-

---

(*) La courbe

$$u = \frac{f(x)}{g(x)} = \Phi(x)$$

n'a pas d'ordonnée pour $x = a$; elle est discontinue sur un espace infiniment petit.

ment petit. Ainsi que nous l'avons toujours pensé et que nous le soutenons depuis plus de dix ans dans nos écrits, prétendre soit supprimer, soit masquer sous des mots une idée qui malgré tout, parce qu'elle est juste, s'imposera toujours d'elle-même aux esprits, ce n'est pas seulement être victime d'une illusion, c'est risquer de vicier, dans ce qu'il a de plus fondamental et de plus élevé, un exposé didactique de la science.

L'étude des questions de principe, son introduction dans l'enseignement en y provoquant hardiment les esprits à la discussion, ce qui aurait l'avantage de procurer au chercheur le criterium pédagogique, celui par excellence de la vérité des idées, s'imposent dans la mesure où, comme aujourd'hui, la multitude des faits constatés rend de plus en plus impérieux pour tous, le besoin d'une synthèse. L'un des efforts les plus remarquables faits dans ce sens a concerné, dans ces dernières années, la géométrie. J'ai déjà cherché à faire voir (*) par un argument

---

(*) Pour la géométrie euclidienne (*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 1899, n° 7, pp. 506-521). Le seul point qui, dans la théorie de l'espace ou la géométrie, ne paraissait pas admettre de solution abstraite, est le nombre 3 des dimensions. Il y en a une raison profonde cependant (que je développerai dans une autre communication) dans le fait que l'espace est, dans le monde physique, une représentation des lois de la grandeur abstraite, et que celle-ci admet précisément et seulement *trois* espèces de grandeurs, savoir :

1° La grandeur absolue, comprise entre le néant et l'infini absolu;

2° Les grandeurs qui naissent de l'opération impossible, et aussi incompréhensible que $\sqrt{-1}$,

$$A - B = -C \qquad (B > A);$$

3° Les grandeurs, dites imaginaires, qui naissent de l'opération

$$\sqrt{-1}.$$

Si une réalité existe, destinée à figurer les lois de la grandeur, elle

très net, auquel il doit m'être permis de constater qu'on n'a pas jusqu'ici pu répondre, et tout en rendant un juste hommage aux éminents géomètres qui se sont occupés de cette question, que toutes les conclusions de la métagéométrie concernant la possibilité de plusieurs géométries, c'est-à-dire de plusieurs espaces physiques différents, reposaient sur une faute de méthode, celle assez inattendue, car elle est considérable, qui consiste à ne pas définir d'abord l'objet que l'on discute et dont on prétend édifier la théorie. La question de l'infiniment petit dans la science de la grandeur abstraite ou concrète n'est pas moins fondamentale. L'objet du calcul différentiel et intégral, où l'on parle aujourd'hui d'une manière assez peu claire de *méthode* des limites et de *méthode* des infiniment petits, devrait, selon nous, être défini : l'*étude des grandeurs limites et des grandeurs infiniment petites et infiniment grandes, en montrant d'abord, par des exemples, que ces grandeurs*, que nous le voulions ou non, *existent pour nous objectivement,* sont donc un sujet proposé d'étude, constituant une science définie, et que nous n'avons pas le droit, à moins de prétendre à celui de mutiler la science, de supprimer la considération directe des unes plutôt que des autres.

13. Les méthodes didactiques qui dérivent à cet égard

---

possédera dès lors *trois* éléments spécifiques indépendants entre eux, correspondants à *trois* conditions indépendantes. D'après cela, l'espace ne peut donc avoir ni plus ni moins de *trois* dimensions. Ce nombre 3 que nous voyons extérieurement réalisé, n'est donc lui-même qu'une manifestation, une écriture, des données nécessaires les plus profondes de la science de la grandeur. (Voir à ce sujet notre ouvrage *Mathématique de l'Histoire,* pp. 673-680.)

de diverses tendances, et qui sont en opposition depuis un siècle, admettent la classification suivante :

I. *Admission unique de la notion de limite.* Cette tendance date de loin. Il suffirait de citer d'Alembert dans l'*Encyclopédie* (Art. *Calcul différentiel*) ; le *Traité* de Lacroix (1820), etc. Méthode insuffisante cependant : elle ne peut se soutenir qu'en proscrivant un ordre entier de questions. On a dit que l'on n'avait jamais à considérer en elles-mêmes les grandeurs infinitésimales, mais seulement leurs rapports. Cela n'est pas exact. On s'est trompé ; nous venons de le démontrer surabondamment par des exemples.

II. *Concession d'une réintroduction de l'infiniment petit,* mais dans les mots et non dans les idées, en désignant par là, avec Cauchy, une grandeur finie variable qui n'est réellement ni infiniment petite, ni même nécessairement petite ; on a perdu de vue que le fait de *varier* ne change pas la nature actuelle *finie* de la grandeur qui varie. Dans cette confusion de mots, on appelle donc infiniment petit ce qui en chaque instant est fini et même aussi grand qu'on veut. Cette définition se détruit d'elle-même, c'est-à-dire met d'elle-même son défaut en évidence, quand on cherche à l'appliquer à la solution des problèmes qui présentent objectivement, en fait, des infiniment petits actuels (*).

(*) Comme si, par exemple, on demande le rapport de l'unité au nombre des rayons actuellement différents d'un cercle. Dire que ce rapport est variable, c'est dire que les rayons *actuellement* différents sont en *nombre variable,* ce qui est absurde.

III. Enfin, si, conformément à la méthode scientifique on n'élimine arbitrairement aucun *fait : admission nette de l'infiniment petit*, comme *grandeur moindre que toutes les grandeurs finies* [zéro ne satisfaisant pas, car il n'est pas une grandeur (*)]. Ce retour aux faits corrige d'une part le point de vue incomplet I, qui supprimerait d'office une moitié de la science, sinon son principe lui-même; d'une autre, la fausse définition II, qui constitue une tentative inutile pour déguiser l'idée sous le mot; car l'expérience est là pour prouver que, quoi que l'on fasse, les esprits, en retournant à leur jugement propre, se servent toujours d'instinct de la notion d'infiniment petit dans le sens naturel qu'elle a dans le langage, c'est-à-dire comme d'une grandeur plus petite que toute grandeur finie, c'est-à-dire moindre que tout ce qu'on peut *imaginer*, sans être zéro (ce qui n'existerait plus), et corrigent d'eux-mêmes d'instinct cette mauvaise définition. Aussi, l'une des premières conditions pour supprimer la notion pure de l'*infiniment petit* aurait-elle été certainement de ne plus employer ces mots eux-mêmes. Ils compromettent le but poursuivi en rappelant invinciblement une autre idée, naturellement dans tous les esprits, et qui prouve sa vitalité et sa légitimité précisément par les efforts impuissants qu'on a faits jusqu'ici pour la détruire.

(*) On vérifie encore (voir plus haut § 7) que *zéro* ne satisfait pas à la définition, en ce qu'il donnerait l'*égalité* entre tous les infiniment petits, par exemple entre $\frac{a}{n}$ et $\frac{2a}{n}$, *toujours doubles l'un de l'autre*, auxquels conduisent deux séries

$$\frac{a}{n} \text{ et } \frac{2a}{n} (n = 1, 2, \cdots \infty).$$

En résumé, des trois systèmes I, II, III, I non seulement est incomplet, mais il peut conduire à l'erreur; il ne peut se soutenir qu'en passant forcément des faits sous silence (*). Quant à II, c'est un compromis qui donne l'illusion d'admettre à la fois la limite et l'infiniment petit, mais qui ne peut être logique que s'il se réduit à I, qui, aussi bien que III, pourrait, avec raison, lui reprocher de l'inconséquence. Il semble que II, sollicité à la fois par I et par III, ferait plus sagement ou de ne pas parler du tout de l'infiniment petit, ou de l'admettre franchement (**).

Ce que nous avons dit, que III seul est à la fois complet et logique, il le prouve d'ailleurs par un argument pratique et d'enseignement universel, c'est que seul il n'a pas à redouter l'énoncé de certains problèmes.

Quant à l'évolution historique des idées, elle peut se résumer en quelques lignes. Après l'invention du calcul différentiel, on n'a pas toujours raisonné juste sur les

---

(*) A un autre point de vue que celui de l'analyse pure, un des grands obstacles pour I sera toujours aussi l'application de l'analyse aux sciences physiques, et cela par la raison, que nous pourrons développer ailleurs, qu'*on ne* DÉCOUVRE *les relations* qui, en passant ensuite à la limite, servent à former les équations aux dérivées, que par la considération des accroissements infiniment petits des variables, infiniment petits dont I se sert ainsi lui-même implicitement. (Suite, p. 581.)

(**) Ce dont il doit convenir, en effet, quand on pousse l'argument à bout dans le sens de I, que l'idée de la différentielle implique celle du dernier accroissement de la fonction, ce n'est autre chose qu'une reconnaissance implicite de la notion pure d'infiniment petit dans le sens de III (avec la réserve, bien entendu, qu'en général l'infiniment petit différentiel ou du premier ordre n'est pas égal à l'infiniment petit fonction; mais il ne s'agit ici que de la notion d'infiniment petit prise en elle-même).

idées d'infini qui l'avaient fait naître; cela a donné lieu à une réaction qui n'est autre que le système I; or, on commence à s'apercevoir aujourd'hui que ce système, comme toutes les réactions, ne raisonne pas toujours juste non plus. Il méconnaît la portée de la notion de l'infini, comme, avant lui, on méconnaissait le sens vrai de la notion de limite. Bien loin que l'on puisse dire que la vraie science tend aujourd'hui, et qu'elle doit tendre de plus en plus à se débarrasser des idées d'infini et d'infiniment petit, c'est donc exactement le contraire qu'il faut penser, et cela, non par un argument d'opinion, mais par le seul fait que la vraie science sera toujours celle qui tiendra compte de tous les faits, quels qu'ils soient, sans en rejeter aucun pour satisfaire à une manière de voir; or des *faits* objectifs prouvent que tout notre système mathématique intellectuel, que le monde physique lui-même sont construits sur ces idées; elles sont dès lors nécessaires et inéluctables (*).

Puisque les deux notions de *limite* et d'*infiniment petit* correspondent toutes les deux à des faits objectifs, elles peuvent et doivent, comme le veut le système III, être au même titre exposées, et c'est dans cette voie que la science peut et doit tendre aujourd'hui.

La première de ces notions est d'ailleurs intimement connexe de l'autre, car celle-ci répond à la question : Quelle est la moindre différence *actuellement existante* entre une limite L et la grandeur G qui y conduit?

(*) Il suffirait, comme signe des temps et pour qu'on ne dise pas que nous ne cherchons que l'autorité de nos propres déductions, de citer des travaux aussi remarquables que ceux de Cantor (voir les *Leçons sur la Théorie des fonctions* de M. Borel, 1898); le livre sur l'*Infini mathématique* de M. Couturat, 1896, etc.

La cause de l'erreur qui fait rejeter l'idée de l'infiniment petit, c'est qu'après l'avoir défini *grandeur moindre que toute grandeur donnée ou finie quelque petite qu'elle soit*, on le cherche encore parmi les grandeurs finies, alors que, par cette définition même, il est *moindre que toutes les grandeurs finies* et n'existe donc pas dans leur collection ou ensemble. L'infiniment petit est un état spécifique existant en dehors de l'état fini; il est *infra-fini*, de la même manière que les *infiniment grands* sont en dehors ou au delà de toute la collection des grandeurs finies. Alors les infiniment petits et les infiniment grands supportent entre eux, dans chacun de leurs ordres successifs, les mêmes relations mathématiques que les grandeurs finies dans leur ordre fini. Celui-ci n'est que l'un des échelons d'une échelle : c'est celui où nous sommes placés.

14. La substance de cette note se résume : 1° en ce qu'elle met en évidence, par des faits objectifs, non point de caractère exceptionnel mais se rapportant au contraire aux parties classiques de l'enseignement, l'existence des *grandeurs infiniment petites* (et infiniment grandes) prises en elles-mêmes, aussi bien que celle des *grandeurs limites*; 2° en ce qu'en opposition avec une manière de voir assez répandue aujourd'hui, et qui fait considérer l'application des limites comme la rigueur même, et l'emploi des infiniment petits comme une superfétation, pour ne pas dire une erreur inutile, elle établit que le principe de la limite n'est pas seulement insuffisant, mais qu'il peut conduire à l'erreur; et, comme argument de fait, accessible à toutes les compétences, que ce système en serait réduit, pour se soutenir quand même, à passer sous silence des questions, même classiques, qu'il est impuissant à résou-

dre; 3° enfin en ce qu'elle signale comme un point mathématique fondamental duquel procèdent les difficultés rencontrées et les cas en défaut, la question de l'interprétation exacte du symbole *zéro*. Il a pu paraître excessif à première vue d'insister assez longuement sur un point aussi simple; il le faut bien cependant, puisque l'on raisonne constamment comme si *zéro* était un état de la grandeur, puisque l'on fonde explicitement là-dessus des déductions qui faussent entièrement les idées au sujet de l'infiniment petit. A notre sens, exactement envisagée, la notion du zéro éclaircira toute la question.

Au surplus, comme toute notre argumentation a reposé sur des preuves de fait, c'est encore là-dessus que nous insisterons en terminant.

Tout en en tenant en réserve un grand nombre d'autres, nous proposerons donc de nouveau aux géomètres, pour fixer les idées et prévenir toute échappatoire ou fin de non recevoir, le simple petit problème duquel nous étions parti en commençant, problème qui appartient à l'enseignement classique et dont on n'est donc pas admis à éviter l'énoncé : *Quelle est*, dans le problème de Buffon, *la probabilité que l'axe de l'aiguille fasse un angle donné* θ *avec les lignes de séparation des planches? Quel est l'angle que font actuellement entre elles deux positions successives dans la collection actuelle de toutes les positions différentes? Quel est le nombre actuel de ces positions existantes, ou le nombre actuel des rayons, différents entre eux, d'un cercle ?*

Si l'on peut faire disparaître la difficulté en donnant une solution par la seule notion de la limite, nous serons le premier à le reconnaître.

Mais nous ne pensons pas qu'il en sera ainsi : jusqu'ici, nous n'avons rencontré à cet égard, depuis plus de dix

ans, que des réponses sur lesquelles leurs auteurs se gardaient d'insister, ou des fins de non recevoir (*), c'est-à-dire avec un éloquent aveu, le plus populaire des arguments en faveur de la nécessité de l'idée pure de l'infiniment petit, et de l'insuffisance — bien plus, source d'erreur — depuis si longtemps déjà par nous signalée, du seul principe de la limite dans la science et dans l'enseignement.

(*) Des géomètres distingués, partisans de la seule limite, ont, par exemple, d'abord répondu, en appliquant sans hésiter leur principe, que la probabilité mentionnée dans l'exemple ci-dessus est zéro ; puis, instruits sans doute par cette réponse même et revenant sur leurs pas, ils ont déclaré que l'axe d'une aiguille n'existe pas. Ceci prouve, pour le moins, que le terrain n'est pas solide. Mais pour aider ceux qui ne seraient pas habitués à dépister la fêlure dans certains procédés de discussion, il suffit de faire observer que la question n'est pas ici de savoir si les éléments du problème ont ou non une existence réelle, mais bien de raisonner juste d'après les lois idéales qui régissent ces éléments, et qu'ainsi la géométrie tout entière, et non pas seulement l'axe de l'aiguille, pourrait ne pas exister objectivement, qu'il faudrait quand même répondre.

(Note p. 577, suite). Remarquez le terme habituel « suffisamment petit » pour qualifier les Δ du système qu'on fait ensuite passer à la limite. Ces mots n'ont pas de sens s'ils n'ont pas celui-ci : assez petit pour que les relations à établir entre les Δ aient un sens théorique inhérent aux données du problème. Les Δ finis ne faisant rien connaître, c'est donc qu'il faut descendre à l'infiniment petit; et là, en effet et seulement, on découvre (par les théorèmes de l'ordre *rectiligne*, déjà connu) *entre les accroissements infiniment petits du premier ordre* des relations *rigoureuses* (équations aux différentielles), équivalentes aux relations intégrales (de l'ordre *curviligne*, encore inconnu) entre grandeurs finies. Tels sont le sens et l'utilité des équations aux différentielles, lesquelles, redisons-le, sont rigoureuses. L'équation aux dérivées n'est qu'une expression secondaire, puisque, pour construire l'intégrale, il faut repasser par les accroissements.

ADDITION.

Sur les espèces-limites.

1. M. le lieutenant d'Artillerie, adjoint d'État-major, E. Galet (*), a fait la remarque suivante : La définition de l'infiniment petit comme *variable ayant pour limite zéro*, n'est pas seulement vicieuse : 1° en ce que le fait de sa variation ne change rien à la nature actuelle de la grandeur qui varie, et qu'ainsi on appelle « infiniment petit » ce qui n'est ni tel, d'après le langage, ni même petit, mais ce qui est en chaque instant fini, et aussi grand qu'on veut; 2° en ce qu'elle perd de vue l'existence, imposée par les faits, des infiniment petits fixes [comme, par exemple, le mètre cube, infiniment petit de la réalité physique *espace* dont l'infinité est pour le moins une possibilité à admettre (**)], — *elle l'est* aussi *en ce qu'elle assigne, pour grandeur limite,* ZÉRO, *qui n'est pas une grandeur*. Il vaudrait donc mieux dire, observe-t-il, que

---

(*) Puisque c'est une question de probabilité qui a tout d'abord servi d'argument et d'exemple dans le travail actuel, je me fais un plaisir de rappeler que M. le lieutenant Galet est l'auteur d'un travail d'application des probabilités, présentant en même temps beaucoup d'intérêt théorique, très remarqué et qui a paru dans la REVUE DE L'ARMÉE BELGE, *Méthodes de tir de l'artillerie de campagne*. (T. IV, janvier-février 1898, p. 63, et t. V, mars-avril 1898, p. 43.)

(**) Si l'on objectait que l'on ne sait pas si l'espace est infini, redisons, comme au paragraphe 6, qu'on accorderait par cela même que l'on admet qu'il l'est peut-être, ce qui revient à dire que l'on admet la possibilité de l'existence d'un infiniment grand actuel, et c'est tout ce qui est ici demandé.

c'est l'infiniment petit lui-même qui est la *limite* d'une grandeur qui décroît indéfiniment; le mot *limite* aurait alors un sens particulier : au lieu de désigner un terme fixe appartenant à l'ordre de la grandeur décroissante, il désignerait un *état-limite*, ayant avec la *limite*, prise dans le sens ordinaire, le caractère fondamental de n'être jamais atteint dans le procès de décroissance, et se distinguant du zéro en ce qu'il reste, comme toute limite, de l'espèce (ici *espèce-grandeur*) de la grandeur qui décroît.

2. Cette remarque a une grande portée en ce qu'elle met nettement en évidence la notion fondamentale (dont l'oubli est la source de toutes les erreurs concernant les infiniment petits) que l'infiniment petit constitue un ordre entièrement distinct de, c'est-à-dire tout entier extérieur à, l'ordre fini, [infra-fini]; et qu'il est, dès lors, très vrai que chaque ordre infiniment petit est *état-limite* de l'ordre supérieur. Elle synthétise ce que nous avions appliqué, en fait, dans la solution de problèmes tels que celui de l'aiguille, où nous avons trouvé la solution non dans le passage ordinaire *à la limite*, mais dans le passage *à l'état-limite* (*).

Quant au *zéro*, la réflexion proposée m'en a suggéré une autre qui me paraît de nature à jeter un nouveau jour sur la notion de limite : elle porte sur une distinction à faire entre la limite considérée comme *grandeur* et la limite en tant qu'*espèce* servant de borne à la collection des grandeurs d'une autre espèce.

(*) L'*état-limite* est une expression générique embrassant ici tous les *ordres* d'infiniment petits.

3. Reprenons la remarque de M. Galet.

L, limite de la grandeur G, est une grandeur telle que $L - G = \varepsilon$ peut être aussi petit qu'on le veut, c'est-à-dire encore telle que la moindre différence L — G est un infiniment petit [Min. (L — B) = infin. pet.]. Or *zéro* n'est pas une grandeur puisqu'il indique la non-existence de la grandeur et que, pris en lui-même, on ne peut le faire varier qu'en changeant sa nature, c'est-à-dire par l'adjonction des grandeurs, qui sont de nature différente. Il suit de là :

1° Conformément à la remarque de M. Galet, que zéro, n'étant pas une grandeur, n'est pas non plus une limite dans le sens de la définition;

2° Comme observation confirmative, que L doit être de même espèce que G, sans quoi l'on ne pourrait prendre la différence $L - G = \varepsilon$ (*).

4. Il faut remarquer que ces notions abstraites trouvent leur confirmation dans des exemples physiques concrets. Tel est celui du *point* considéré comme « limite » d'un volume Δu, d'une surface $\Delta \sigma$, ou d'une ligne $\Delta \lambda$. Le point qui est un *zéro* de volume, de surface, de ligne, n'est pas une *limite* dans le sens de la définition rappelée plus haut; il n'est pas une grandeur, car il n'est pas susceptible d'augmentation; et l'on ne peut pas plus prendre la différence entre un point et un volume, une surface, une ligne, qu'on ne peut la prendre entre une ligne et une surface, un volume; entre une surface et un volume.

(*) Quand on dit que la différence G — zéro = G, cela n'a d'autre sens sinon qu'*en ne faisant subir aucune soustraction à* G, on a toujours G. Retrancher ou ajouter *zéro* est, en réalité, une *opération impossible,* car on ne peut retrancher ou ajouter *ce qui n'existe pas.*

5. Or ces exemples concrets conduisent d'eux-mêmes à la considération du second genre de limites sur lequel nous voulons attirer l'attention : celui des *espèces*, limites d'autres *espèces*. Si l'on revient ici du point à la notion abstraite du zéro, on voit que *zéro*, qui n'est pas une *grandeur limite*, définie comme ci-dessus, est une *espèce-limite* de la grandeur, et l'on est conduit à dire que l'*infiniment petit n'a pas de limite*, mais qu'*il a zéro* (le néant) *pour espèce-limite* (*).

6. Cette manière de voir a, tout d'abord, pour résultat très remarquable d'établir un accord rationnel entre les deux notions correspondantes de l'infiniment petit et de l'infiniment grand, notions entre lesquelles paraissait exister une sorte d'antinomie : l'infiniment petit semblant avoir une limite (zéro) et l'infiniment grand n'en pas avoir. Cette antinomie est écartée.

7. Mais il y a plus : le parallélisme des idées conduit, dès lors, à admettre pour l'infiniment grand, comme pour l'infiniment petit, une *espèce-limite*, qui ne sera plus une grandeur de même nature et qu'on pourra appeler l'*infini absolu*. Or il se trouve que la réalité de l'*espèce-limite* se met en effet en évidence, par des exemples

(*) L'espèce *zéro* a pour définition et pour caractéristique de n'exister sous la forme d'aucune grandeur; mais elle se présente bien réellement dans la science de la grandeur abstraite : elle y est nécessaire à la conception de toutes les grandeurs finies, c'est-à-dire à celle de la *séparation* des grandeurs juxtaposées. Si l'on considère A + B, *ce qui marque la séparation* de A et B *est une réalité ;* ce n'est aucune grandeur; c'est un *zéro* (un *lieu* dans l'*étendue* de la grandeur).

concrets, aussi bien pour l'infiniment grand que pour l'infiniment petit.

Comme nous venons de le voir, l'existence du *point*, espèce-limite de l'infiniment petit de volume, de surface, de ligne, répond à celle du *zéro* dans la science de la grandeur abstraite.

Passons à l'infiniment grand. Un infiniment grand de ligne admet pour espèce-limite une surface comprise dans un contour fini; un infiniment grand de surface a, pour espèce-limite, un volume fini.

Ainsi, par exemple, la somme des circonférences concentriques de rayons

$$\Delta\gamma,\ 2\Delta\gamma, \ldots, n\Delta\gamma = \gamma,$$

comprise dans un cercle de rayon γ, est égale à

$$\lambda = 2\pi\Delta\gamma\,\frac{n(n+1)}{2} = \pi\gamma^2\left(\frac{1}{\Delta\gamma} + \frac{1}{\gamma}\right).$$

A λ qui, pour $\Delta\gamma$ infiniment petit, est une longueur infiniment grande, appartient la collection, en nombre infiniment grand, des *points différents* existant dans la surface $\pi\gamma^2$ du cercle de rayon γ; mais cependant λ n'est jamais, et n'a pas pour *grandeur limite*, une surface. La surface du cercle est ici *espèce-limite* de l'infiniment grand λ.

De même en est-il pour la spirale

$$\rho = \gamma + k\omega,$$

dont la longueur, dans la couronne circulaire entre les circonférences de rayons γ et R, est

$$s = \frac{1}{k}\int_{\gamma}^{R} d\rho\sqrt{\rho^2 + k^2},$$

et qui, pour k infiniment petit, est infiniment grande. Alors la spirale couvre tous les *points différents* de la couronne; car, sur chaque rayon de direction ω, les points qui lui appartiennent sont équidistants, à distance infiniment petite $2\pi k$ (*). La couronne circulaire $\pi R^2 - \pi\gamma^2$ est un *infini absolu* pour la spirale s : c'en est une *espèce-limite* mais non une *limite*. On ne peut prendre la *différence* entre la longueur de la spirale et la surface de la couronne, et cependant celle-là occupe tous les *points différents* de celle-ci (**).

(*) On trouve alors

$$s = \frac{\pi R^2 - \pi\gamma^2}{2\pi k}.$$

(**) Pour $k = 0$, ou quand l'infiniment petit k est remplacé par son *espèce-limite* ZÉRO, la spirale *n'existe pas*. On a $\rho = \gamma$. L'infiniment petit et l'infiniment grand se trouvent donc ici en évidence avec leurs espèces-limites. La plus petite valeur de la longueur k pour laquelle la spirale existe n'est pas zéro et n'est aucune valeur finie. C'est un infiniment petit. A celui-ci correspond la spirale de plus grande longueur, qui est un infiniment grand. Les deux *espèces-limites* sont, pour l'infiniment petit de ligne, le point; pour l'infiniment grand de ligne, une surface.

Un autre exemple d'infiniment petit actuel serait donné par la spirale $\rho = \frac{k}{\omega}$. La plus petite valeur de ρ, rayon vecteur de la spirale, existe *actuellement* dans la collection *actuelle* des grandeurs géométriques ρ. Elle n'est pas *zéro*, car aucune valeur de ω ne peut faire $\frac{k}{\omega} = 0$, et elle est en dehors de toute la collection des valeurs finies de ρ. Elle appartient à l'*état infiniment petit*.

La peine que ces questions font à l'esprit vient toujours de la tendance à la *figuration* ou à l'*imagination*, tendance irrationnelle puisque ces opérations se font au moyen de grandeurs finies. Il faut simplement savoir suivre la raison et conclure comme elle y contraint. Si l'on nie l'existence de l'infiniment petit fixe, que l'on considère

On constaterait un cas analogue en considérant la surface totale des sphères concentriques intérieures à une sphère (R) de rayon R. Cette surface comprend tous les *points différents* du volume (R); mais elle a ce volume non pour *limite* (non seulement elle ne l'atteint jamais, même intellectuellement, mais il n'existe pas entre eux

---

l'infiniment grand; la question est équivalente. En l'instant actuel, l'espace existe-t-il tout entier tel qu'il est? Oui. Est-il fini? Non (voir § 6). Donc il existe un infiniment grand actuel. Ce qui est variable, ce n'est donc pas cette réalité infinie, c'est le procès par lequel nous nous épuisons à nous le figurer sous la forme du fini que nous augmentons toujours. Si l'espace, réalité infinie, existe, un mètre cube qui assurément est fixe, ou son rapport à l'espace, est un infiniment petit fixe.

Puisqu'il s'agit ici de grandeur et de rapport, ajoutons, pour écarter une autre confusion d'idées que l'on rencontre souvent, que le *nombre* ou *rapport* de deux grandeurs est une nouvelle grandeur continue, expression de la comparaison entre ces grandeurs, et qu'il ne faut pas le confondre (le langage le dit de lui-même) avec les *nombres entiers* ou les combinaisons de nombres entiers. La mesure du *nombre* par les *nombres entiers* est un *procédé technique,* le seul que nous ayons à notre disposition, mais l'existence du nombre est indépendante de ce procédé. Ainsi il existe des nombres irrationnels. La moindre différence entre le nombre $\sqrt{2}$ et un nombre rationnel (résultat d'opérations sur des nombres entiers) est un infiniment petit. $\sqrt{2}$ est la *limite,* existante comme grandeur, d'une suite de nombres rationnels, mais n'est pas moins réelle qu'eux-mêmes. Le fait seul qu'on désigne cette limite prouve qu'elle existe comme nombre. Les faits objectifs ne sont pas moins convaincants. Il y a, en fait, un rapport déterminé entre le rayon et la circonférence d'un cercle, entre la diagonale et le côté d'un carré. Pour ce côté *égal* à l'unité, la diagonale *égale* le nombre $\sqrt{2}$. Il ne faut pas confondre, redisons-le, le nombre *théorique* avec le *procédé technique* de son évaluation. La distinction nette et de principe entre la *théorie* et la *technie* a été l'une des idées les plus remarquables de Wronski.

de *différence mathématique*), mais pour *espèce-limite,* de nature différente (*).

L'exemple de cas en défaut du principe de la limite, proposé plus haut par M. Dothey (§ 10, p. 563), mettrait de son côté en présence d'un cas très singulier d'espèce-limite. Ce que deviendrait à la limite la ligne brisée formée des Δa, Δb n'est pas la base c du triangle, mais l'espèce-limite consistant dans la collection de tous les points de cette base, et cette collection elle-même a pour espèce-limite la longueur de la base.

8. La distinction de principe que nous venons d'établir entre la *limite* proprement dite et l'*espèce-limite* d'une autre espèce, paraît essentielle pour faire disparaître la contradiction qui naît de deux acceptions très différentes dans lesquelles on prend le terme de *limite;* et elle répond, en même temps qu'elle la justifie, à la remarque de M. Galet sur l'impropriété de ce terme appliqué, dans son sens habituel, au *zéro* comme limite de l'infiniment petit.

(*) Ces exemples, de nature purement géométrique, peuvent servir à la compréhension d'objets propres à un autre ordre abstrait, par exemple à celle de l'*éternité* comme *espèce-limite* du temps, et de nature différente. Pour l'espace, on serait conduit à dire qu'un espace à plus de trois dimensions en serait *espèce-limite,* de nature différente. Pour le *temps,* le langage a consacré cette opposition par le mot *éternité.* Pour l'*espace,* on ne trouve pas d'expression vulgarisée; il convient néanmoins, à cet égard, de rappeler la mention des « cieux des cieux » dans la *Bible* (Deut. X, 14; I Rois VIII, 27; Néh. IX, 6), terme figuré qui serait remarquable par le sens et la précision géométriques.

—

Monier (*Marcel*). Contribution à l'étude de l'action physiologique de l'alcool. Anvers, 1901; extr. in-8° (14 p.).

Schuyten (*M.-C.*). Sur les récents travaux de Fittica. Bruxelles, 1901; extr. in-8° (10 p.).

BRUXELLES. *État indépendant du Congo*. Mission scientifique du Ka-Tanga, 5e-15e mémoires.

— *Ministère de l'Agriculture*. Monographie agricole de la région limoneuse et sablo-limoneuse. 1901.

—

ALLEMAGNE ET AUTRICHE-HONGRIE.

Cesàro (*Ernest*). Vorlesungen über natürliche Geometrie. Autorisierte deutsche Ausgabe von Dr. Gerhard Kowalewski. Leipzig, 1901; in-8° (VI-341 p.).

Brühl (*Jul.-Wilh.*). Roscoe-Schorlemmer's ausführliches Lehrbuch der Chemie, Band VIII und IX. Brunswick, 1901; 2 vols. in-8°.

HAMBOURG. *Naturwissenschaftlicher Verein*. Verhandlungen, 1900.

— *Handelsstatistisches Bureau*. Uebersichten des Handels im Jahre 1900. In-4°.

— *Sternwarte*. Mittheilungen, Nr 7, 1901.

IGLO. *Karpathenverein*. Jahrbuch, 1901.

VIENNE. *Verein zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse*. Verhandlungen, Band XLI, 1901.

BERLIN. *Physikalische Gesellschaft*. Die Fortschritte der Physik im Jahre 1900, 56. Jahrgang, 1901.

KLAGENFURT. *Landes-Museum*. Jahrbuch, 26. Heft, 1900. Beobachtungen, 1899-1900.

DURKHEIM. *Naturwissenschaftlicher Verein*. Mitteilungen der Pollichia, Nrn 14 und 15, 1901.

STUTTGART. *Verein für Naturkunde*. Jahreshefte, 57. Jahrgang.

FRANCFORT. *Physikalischer Verein*. Jahresbericht, 1899-1900.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1901. — N° 11.

Séance du 9 novembre 1901.

M. Jos. De Tilly, directeur.

M. le chevalier Edmond Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Éd. Van Beneden, *vice-directeur;* G. Dewalque, Éd. Dupont, C. Malaise, F. Folie, Ch. Van Bambeke, G. Van der Mensbrugghe, W. Spring, Louis Henry, P. Mansion, P. De Heen, C. Le Paige, Ch. Lagrange, F. Terby, J. Deruyts, Léon Fredericq, J.-B. Masius, J. Neuberg, A. Lancaster, L. Errera, *membres;* Ch. de la Vallée Poussin, *associé;* M. Delacre, Julien Fraipont, Paul Pelseneer, *correspondants.*

M. le Directeur porte à la connaissance de ses confrères

la détermination prise par la Classe des lettres et des sciences morales et politiques et par la Classe des beaux-arts, dont les séances ont précédé la réunion de ce jour, d'adresser leurs félicitations au Roi, Protecteur de l'Académie, au sujet de la naissance de S. A. R. Mgr le Prince Léopold de Belgique.

La Classe des sciences déclare s'associer d'esprit et de cœur à cette manifestation.

CORRESPONDANCE.

M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique demande l'avis de la Classe sur une requête de M. le professeur Janssens, de l'Université de Louvain, qui sollicite pour 1902 l'usage de la table belge au laboratoire de zoologie de Naples.

— Renvoi pour rapport à MM. Van Beneden, Van Bambeke et Plateau.

— La Société nationale des sciences naturelles et mathématiques de Cherbourg, fondée le 30 décembre 1851, annonce qu'elle va célébrer prochainement son cinquantenaire. — Les félicitations de l'Académie seront adressées à cette Institution.

— Hommages d'ouvrages :

Solution de la question militaire en Belgique; par le général Brialmont;

Kunstformen der Natur (V. Lieferung); par Ernest Haeckel, associé;

Études de psychologie; par J.-J. Van Biervliet;

La mémoire; par le même;

Les caféiers; par Ém. De Wildeman;

Observations sur les Apocynacées à latex recueillies par M. L. Gentil dans l'État Indépendant du Congo, en 1900; par le même;

Étude sur les premières phases du développement des organes dérivés du mésoblaste chez les poissons Téléostéens; par A. Swaen et A. Brachet;

La chimie de l'uranium (2e édition); par Oechsner de Coninck.

— Remerciements.

— Travaux manuscrits présentés :

1° *Sur divers alcools-amines en* C_4 *et en* C_5; par René Tordoir, docteur en sciences — Commissaires : MM Henry et Spring;

2° *Sur divers alcools-amines en* C_4 *et en* C_5; par Paul Stiénon, docteur en sciences. — Mêmes commissaires;

3° *Technique de la cryoscopie du sang;* par le docteur P. Nolf. — Commissaires : MM. Fredericq et Masius;

4° *Influence du milieu sur l'*OEDIPODA COERULESCENS; par Ernest Doudou. — Commissaire : M. Plateau.

RAPPORTS.

Il est donné lecture des rapports suivants :

1° De MM. Van Beneden, Van Bambeke et Plateau sur une requête de M. le professeur Julin, de l'Université de Liége, qui sollicite l'occupation, en 1902, de la table

belge du laboratoire zoologique de Naples. — Renvoi à M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique;

2° De M. Errera sur un travail, avec planches, de M. Ch. Van Bambeke : *Sur le mycélium de* LEPIOTA MELEAGRIS. — Impression dans les *Mémoires* des membres.

A. *Sur la conductibilité électrique de la flamme et des gaz.*

B. *Sur la formation de l'ozone par les effluves électriques;* par Alexandre de Hemptinne.

Rapport de M. P. De Heen, premier commissaire.

« Dans la première de ces notes, M. de Hemptinne étudie la conductibilité de mélanges d'oxygène et d'hydrogène au moment de l'explosion due à la combinaison de ces gaz.

L'auteur trouve d'abord que le passage de l'électricité varie avec la force électro-motrice, mais pas proportionnellement à ce facteur.

Il examine ensuite successivement l'influence de la distance et de la surface des électrodes, de la pression du gaz et de l'introduction dans le mélange d'une certaine quantité d'air, l'influence de la température, l'influence de la nature des électrodes.

Les expériences ont ensuite porté sur différents gaz. A ce sujet, M. de Hemptinne trouve ce résultat intéressant que la combinaison des gaz qui ne produisent pas de l'eau, tels que le chlore et l'hydrogène, l'oxyde de carbone et l'oxygène, est accompagnée d'une conductibilité nulle; d'où la conclusion que ces combinaisons excluent tout phénomène d'ionisation.

Dans la deuxième note, M. de Hemptinne étudie quelles sont les conditions les plus favorables à la production de l'ozone; elle constitue une espèce d'introduction aux recherches qui permettront de préciser les conditions qui correspondent au maximum de rendement de cette substance.

J'ai l'honneur de proposer à la Classe d'insérer les notes de M. de Hemptinne dans le *Bulletin* de l'Académie. »

M. Spring, second commissaire, déclare se rallier bien volontiers, dit-il, aux conclusions de son savant confrère, M. P. De Heen.

Ces conclusions sont adoptées par la Classe.

—

Sur quelques dérivés du nitro-isopentane primaire

$$\begin{matrix} H_3C \\ H_3C \end{matrix} > CH - CH_2 - CH_2(NO_2);$$

par Théophile Mousset, docteur en sciences.

Rapport de M. Louis Henry, premier commissaire.

« M. Mousset s'est proposé de faire l'étude du *nitro-isopentane primaire,* surtout au point de vue de ses produits de condensation avec les aldéhydes aliphatiques.

Il fait connaître d'abord les composés qu'il fournit par l'addition soit de *une*, soit de *deux* molécules de *méthanal* $H_2C = O$, à savoir : le *nitro-isohexanol primaire*

$$\begin{matrix} H_3C \\ H_3C \end{matrix} > CH - CH_2 - CH(NO_2) - CH_2(OH)$$

et le *glycol isopropyl-nitro-isobutylénique*

$$\begin{matrix} H_3C \\ H_3C \end{matrix} > CH - CH_2 - \underset{(NO_2)}{\underset{|}{C}} < \begin{matrix} CH_2(OH) \\ CH_2(OH) \end{matrix}$$

Il décrit ensuite les dérivés de l'éthanal, celui du moins qui correspond à l'addition d'une seule molécule de cette aldéhyde, à savoir le *nitro-isoheptanol bi-secondaire*

$$\begin{matrix} H_3C \\ H_3C \end{matrix} > CH - CH_2 - CH(NO_2) - CH(OH) - CH_3.$$

Soumis à l'action réductrice de l'amalgame aluminique en présence de l'eau, le nitro-isohexanol primaire a fourni à M. Mousset, dans des conditions relativement avantageuses, l'*amino-isohexanol* correspondant

$$\begin{matrix} H_3C \\ H_3C \end{matrix} > CH - CH_2 - CH(NH_2) - CH_2(OH),$$

liquide bouillant à 198°-200°.

La réduction, dans les mêmes conditions, du *nitro-isohexanol secondaire*

$$\begin{matrix} H_3C \\ H_3C \end{matrix} > CH - CH_2 - CH(OH) - CH_2(NO_2),$$

composé que j'ai fait connaître précédemment (*) et qui résulte de l'addition du nitro-méthane à l'aldéhyde isovalérique, a fourni à M. Mousset un autre *amino-isohexanol*, de même structure générale que le premier, mais *alcool secondaire*,

$$\begin{matrix} H_3C \\ H_3C \end{matrix} > CH - CH_2 - CH(OH) - CH_2(NH_2),$$

bouillant également à 198°-200° sous la pression ordi-

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, t. XXXIII, 3e sér., p 421 (année 1897).

naire. Il résulte de là que, à cet étage C_6, et dans ces conditions de structure, la transposition des radicaux $-OH$ et $-NH_2$, vis-à-vis des chaînons carbonés $HC<$ et H_2C-, n'influe pas, du moins d'une manière appréciable, sur la volatilité de la molécule totale. Ce fait mérite d'être relevé.

M. Mousset décrit également divers autres dérivés intéressants soit du nitro-isopentane, soit des alcools nitrés ou des amines-alcools qu'il a mis au jour.

Le mémoire de M. Mousset représente une grande somme de travail. Il est fait avec soin et d'une manière consciencieuse. Je le regarde comme une contribution d'une valeur et d'un intérêt indiscutables, à la connaissance de diverses classes de composés encore peu connus jusqu'ici.

Aussi, c'est avec plaisir que je propose à la Classe de l'accueillir favorablement et d'en décider l'insertion dans son *Bulletin*. »

M. Spring, second commissaire, déclare se rallier bien volontiers, dit-il, aux conclusions du rapport de M. Henry, celles-ci sont adoptées par la Classe.

—

Nouvelle contribution à l'asymétrie sensorielle;
par le Dr J.-J. Van Biervliet.

Rapport de M. Léon Fredericq, premier commissaire.

« L'auteur a trouvé que les *ambidextres* (c'est-à-dire les sujets dont le membre supérieur droit présente les mêmes dimensions que le membre supérieur gauche) sont, au point de vue de l'acuité des nerfs sensitifs, nettement *gauchers*. Ils voient et sentent (sensibilité tactile et musculaire) mieux du côté gauche que du côté droit. Les

nerfs sensitifs du côté gauche l'emportent de $^1/_9$ environ sur les nerfs correspondants du côté droit. L'ambidextre présente le plus souvent un développement égal des deux moitiés de la face.

J'ai l'honneur de proposer l'insertion de la notice de M. Van Biervliet et des figures qui l'accompagnent dans le *Bulletin* de la séance. »

Ces conclusions, auxquelles déclare se rallier M. Masius, second commissaire, sont adoptées par la Classe.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

M. L. Henry présente, pour le recueil des *Mémoires* in-8°, un travail *Sur divers composés éthyléniques*.

Il en donne un résumé qui figurera dans un prochain *Bulletin*.

Sur la conductibilité électrique de la flamme et des gaz; par Alexandre de Hemptinne.

Dans un autre travail (1), nous nous sommes occupé de l'étude de la conductibilité de la flamme et des gaz; nous avons fait notamment quelques recherches sur la conductibilité de certains mélanges gazeux au moment où ils font explosion; nous avions dû faire ces expériences au moyen d'un électromètre capillaire, n'ayant pas d'autre instrument convenable à notre disposition.

(1) *Zeitschrift f. Ph.*, Ch. XII, 2, 1893.

Comme il a été dit dans ce travail, l'emploi de l'électromètre capillaire offre pour ce genre d'observations quelques inconvénients, entre autres celui de mal se prêter à des mesures quantitatives et d'être trop sensible à toutes sortes de perturbations.

Nous avons répété quelques-unes de nos expériences antérieures en employant un galvanomètre, ce qui nous a permis de faire des mesures et ainsi d'étudier d'une manière plus précise les particularités qui accompagnent le passage de l'électricité au travers des mélanges gazeux au moment où ils font explosion.

MÉLANGE D'OXYGÈNE ET D'HYDROGÈNE.

Les expériences ont été faites au moyen de l'appareil représenté figure 1 ; il se compose d'un tube en verre long d'environ 7 à 8 centimètres sur 12 millimètres de diamètre; le tube est fermé en B et B′ par deux bouchons en caoutchouc au travers desquels passent deux gros fils de platine F et F′; ceux-ci sont reliés à une batterie dont on peut faire varier le nombre d'éléments; un galvanomètre très sensible se trouve dans le circuit. En C est soudé un petit tube en verre dans lequel se trouvent deux fils de platine *f* et *f′*; le petit tube C peut être fermé en D par un caoutchouc. En R est soudé un robinet pour l'introduction des gaz. R est relié à la pompe à faire le vide et à une cloche contenant le mélange tonnant, préparé par électrolyse et séché par de l'acide sulfurique concentré. R est également relié à un tube en verre de 1 mètre de haut, plongeant dans le mercure; ce tube sert à indiquer à quelle pression se trouve le gaz que l'on introduit dans T. Après avoir fait le vide

dans l'appareil, on y introduit le gaz et l'on provoque l'explosion en produisant une étincelle en ff'.

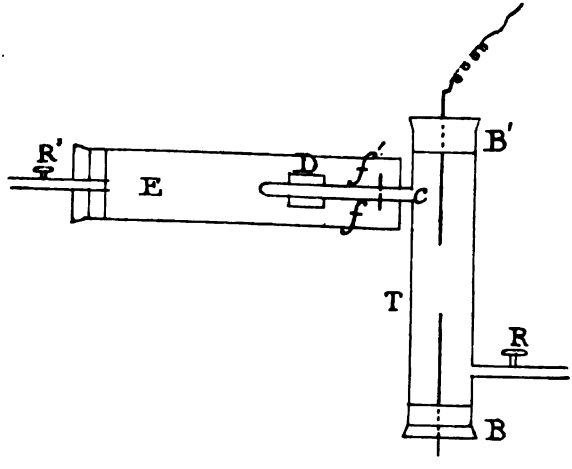


Fig. 1.

Au moment de l'explosion, on observe une déviation plus ou moins grande au galvanomètre. Cette déviation est subite et ne dure qu'un instant, juste de quoi faire une lecture sur l'échelle du galvanomètre.

INFLUENCE DE LA DIFFÉRENCE DU POTENTIEL.

Les chiffres suivants de la deuxième colonne donnent le déplacement en millimètres du miroir du galvanomètre; on sait que pour les courants instantanés et un petit angle, les déplacements sont sensiblement proportionnels à la quantité d'électricité qui passe.

La distance des fils était de 10 millimètres.

Voltage.	Degrés de l'échelle.	Moyenne.
128	20	20.7
»	20	
»	22	
»	24	
»	22	
»	18	
»	20	
»	20	
70	15	14.5
»	12	
»	17	
»	17	
»	15	
»	13	
»	13	
56	9.5	10.8
»	11	
»	12	
42	7.8	7.9
»	8.1	
28	5.8	5.8
»	5.8	
14	4	4
»	4	
7	2	2.2
»	2.4	
»	2.2	
4.2	1.7	1.7
»	1.7	

Voltage.	Degrés de l'échelle.	Moyenne.
2.8	1.5	1.35
»	1.2	
1.4	0.7	0.8
»	0.9	

Le passage de l'électricité varie avec la force électromotrice; pourtant, il n'y a pas proportionnalité; le courant est relativement plus fort pour les tensions faibles. Dans ces recherches, il faut avoir soin de nettoyer assez fréquemment l'appareil, afin d'éviter les courants qui peuvent se produire par le dépôt de la vapeur sur le verre; il faut également prendre quelques précautions pour éviter l'effet des poussières, qui est assez notable.

INFLUENCE DE LA DISTANCE ET DE LA SURFACE DES ÉLECTRODES.

Les fils de platine ont été placés successivement à diverses distances; la surface des électrodes variait par la même occasion. Le tableau suivant résume le résultat des expériences pour une force électro-motrice de 128 volts.

Déplacement du galvanomètre.		Distance des électrodes en millimètres.	Surface des électrodes en millimètres.
22	20.7	10	12.9
20			
20			
17	16	30	66
15			
5	5	50	2
5			

Puisque la distance des électrodes croît et que leur surface diminue, il y a donc deux facteurs qui tendent à affaiblir l'intensité du courant; on voit que celui-ci est loin d'éprouver une diminution correspondante. A première vue, il semblerait nécessaire de déterminer l'influence de chacun des facteurs; pourtant les recherches suivantes montrent que l'on se trouve en présence d'un phénomène particulier, c'est-à-dire de la conductibilité unipolaire de l'explosion. Il n'y a rien d'étonnant à cela, puisque une explosion peut être considérée comme une flamme instantanée de courte durée et que la conductibilité de la flamme est unipolaire.

Prenons l'un des fils dépassant le bouchon de 1 millimètre environ, l'autre de 30 millimètres, relions le fil qui offre la plus petite surface au pôle négatif de la batterie, l'autre au pôle positif; dans ces conditions, on obtient pour trois expériences les déplacements suivants :

$$\left.\begin{array}{r} 8 \\ 10 \\ 10 \end{array}\right\} \text{moyenne } 9$$

Pour les conditions inverses, c'est-à-dire le pôle positif relié au fil de petite surface et le négatif à celui de grande surface, on obtient :

$$\left.\begin{array}{r} 1 \\ 0.5 \\ 1 \end{array}\right\} \text{moyenne } 0.8$$

C'est donc lorsque l'électrode de grande surface est reliée au pôle positif que le passage de l'électricité a lieu d'une manière appréciable.

INFLUENCE DE LA PRESSION DU GAZ ET DE L'INTRODUCTION DANS LE MÉLANGE D'UNE CERTAINE QUANTITÉ D'AIR.

Déplacements.	Pression.
20	76
10	30

Lorsque la pression diminue, on observe un affaiblissement très appréciable. Il n'en est pas de même lorsqu'on mélange de l'air au gaz tonnant; on obtient avec 30 °/₀ d'air ou d'hydrogène filtré par un tube plein d'ouate des déplacements parfois plus grands que pour le gaz pur.

22	30 °/₀ d'air.
25	30 °/₀ d'hydrogène.

Si l'on fixe assez légèrement le caoutchouc D qui ferme le tube C de l'appareil, de manière qu'il soit enlevé par l'explosion, on observe alors au galvanomètre un déplacement très grand; ceci, comme le prouve l'expérience suivante, est dû à la brusque rentrée de l'air.

En effet, si l'on fixe sur le tube C un grand tube E fermé par des bouchons et que l'on fait le vide dans ce tube, il n'y aura plus, au moment où le caoutchouc D est enlevé par l'explosion, de rentrée d'air dans l'appareil : la déviation du galvanomètre est alors toujours beaucoup moins grande que dans les autres cas.

Déplacements.	
13	pour le tube fermé.
30	» » qui s'ouvre à l'air libre.
8	» » » » dans un tube avec un vide 65.
5	» » » » » » » 72.

INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE.

Un appareil analogue à celui dessiné figure 1 a été construit, avec cette différence que les fils de platine FF′ étaient soudés directement dans le verre; le tube latéral C était également soudé à son extrémité.

L'appareil est alors plongé dans un bain d'huile, ce qui permet de faire les expériences à la température voulue.

Le mélange tonnant a donné au moment de l'explosion une déviation de :

1° 5 millimètres lorsque le tout était chauffé à 125°;

2° 45 millimètres lorsque le tout était chauffé à 15°;

3° 8 millimètres lorsqu'on a répété l'expérience 1 en chauffant à 150° sans avoir au préalable enlevé de l'appareil les vapeurs résultant des expériences précédentes.

Dans ces trois expériences, nous avons eu soin de prendre la même quantité de gaz; on voit donc que l'élévation de la température diminue sensiblement le passage de l'électricité.

INFLUENCE DE LA NATURE DES ÉLECTRODES.

Les fils de platine ont été successivement remplacés par des fils de fer et de cuivre de mêmes dimensions; toutes les autres conditions étaient égales.

On obtient :

Platine.

—

$\left.\begin{matrix}16\\16\end{matrix}\right\}$ moyenne 16.

Cuivre.

—

16
15 } moyenne 15.6.
16

Fer.

—

10
17
14 } moyenne 13.5.
13

La nature du métal n'a pas d'influence appréciable; les écarts sont de l'ordre de grandeur des erreurs d'expérience. De plus, les particules métalliques qui peuvent être arrachées aux électrodes par l'explosion ne jouent certainement pas un rôle dans le phénomène du transport de l'électricité, parce que nous avons fait une expérience en mettant dans le tube de la poussière métallique qui, au moment de l'explosion, était dispersée de tous les côtés; le passage de l'électricité n'en a pas été influencé.

INFLUENCE DU CHAMP MAGNÉTIQUE.

L'appareil (fig. 1) a été placé entre les pôles d'un puissant électro-aimant, situé assez loin du galvanomètre pour ne pas l'influencer. Nous n'avons pu constater aucune influence sur le passage de l'électricité, aussi bien avec des électrodes en fer qu'en platine, ce qui prouve une fois de plus que le transport de particules métalliques ne joue aucun rôle.

INFLUENCE DE LA NATURE DES GAZ.

Chlore et hydrogène. — Le mélange a été préparé par l'électrolyse de l'acide chlorhydrique concentré; au moment de l'explosion, il se produit un léger mouvement au galvanomètre; ce mouvement persiste même après l'explosion lorsque l'appareil est un peu humide; cela est dû au passage de l'électricité par la surface salie des bouchons et le long des parois du verre; lorsque l'appareil était moins humide, nous n'avons constaté qu'un déplacement d'environ $0^{mm},5$.

Enfin, lorsque l'appareil avait été au préalable bien séché et nettoyé, le galvanomètre n'a pas bougé.

OXYDE DE CARBONE ET OXYGÈNE.

L'oxyde de carbone a été préparé par l'action de l'acide sulfurique sur l'acide oxalique; le gaz, après avoir été purifié et séché, a été mélangé à la moitié de son volume d'oxygène préparé par électrolyse. De même qu'avec le mélange du chlore et de l'hydrogène, lorsque l'appareil était humide, nous avons constaté une déviation d'environ $0^{mm},5$. Lorsque les conditions de dessiccation et de propreté ont été suffisamment remplies, le galvanomètre n'a pas bougé. La tension employée était pourtant de 128 volts. Au lieu de provoquer l'explosion par une étincelle électrique, on peut la déterminer en chauffant dans un bec de Bunsen un tube capillaire que l'on adapte sur le tube *c*.

Nous avons obtenu, dans ces conditions, avec les différents mélanges, les mêmes résultats qu'avec l'étincelle.

CONCLUSIONS.

Si par ion on entend désigner une particule électrisée capable de transporter l'électricité, comme cela a lieu dans l'électrolyse des dissolutions, il faut en conclure que dans les réactions chimiques gazeuses où il n'y a pas de vapeur d'eau, comme dans les mélanges de chlore et d'hydrogène, d'oxyde de carbone et d'oxygène, il n'y a certainement pas d'ion au moment de la réaction. Y en a-t-il dans le cas du mélange tonnant d'hydrogène et d'oxygène?

On sait de longue date que la vapeur qui s'échappe d'un récipient en métal est chargée positivement; la vapeur doit être humide, car Faraday a constaté que pour la vapeur surchauffée sèche, toute trace d'électricité disparaissait.

Nous avons constaté que :

1° Lorsque l'appareil s'ouvre à l'air libre au moment de l'explosion, on observe une forte déviation au galvanomètre; c'est que dans ce cas l'entrée de l'air et des poussières est propre à favoriser la condensation de la vapeur d'eau;

2° Lorsque le tube *c* s'ouvre dans un espace vide, c'est-à-dire lorsqu'il y a une cause qui tend à contrarier la condensation de la vapeur d'eau, la déviation du galvanomètre est diminuée;

3° Lorsqu'on opère à une température supérieure à 100°, ce qui est aussi de nature à contrarier la formation de gouttelettes, on observe également une déviation beaucoup plus faible au galvanomètre.

En résumé, les causes qui tendent à produire la con-

densation de l'eau favorisent le passage de l'électricité; celles qui favorisent la vaporisation le contrarient.

Ainsi dans les réactions gazeuses proprement dites, il n'y a pas d'ions, l'eau agit à l'état de gouttelettes liquides, et probablement par friction sur la surface des électrodes métalliques; dans ce cas, la production d'ions est possible.

Les expériences précédentes n'excluent pas la présence d'ions ou de particules matérielles électrisées dans les phénomènes de la conductibilité de la flamme, des gaz raréfiés, soumis à des influences diverses, tels que les rayons de Röntgen, de Becquerel et d'autres, ainsi que les propriétés de rayons cathodiques. Tous ces phénomènes sont la conséquence de dispositions particulières de l'emploi de l'électricité à haute tension et de l'influence de températures élevées, ou de substances ayant des propriétés spéciales. Comme nous l'avons montré déjà dans le phénomène de la conductibilité électrique de la flamme, la température des électrodes joue un rôle considérable; c'est sans doute pour ce motif que dans l'explosion, qui peut être considérée comme une flamme de trop courte durée pour échauffer les électrodes, nous n'avons pas constaté de conductibilité, bien entendu pour les mélanges gazeux où il n'y avait pas formation d'eau.

Dans les différents cas dont nous venons de parler, la production des ions est d'une nature toute différente que celle due à l'action de l'eau ou d'un autre dissolvant, et l'on désigne par le même mot ion des choses qui n'ont probablement qu'une propriété commune, celle de transporter l'électricité.

—

Sur la formation de l'ozone par les effluves électriques;
par Alexandre de Hemptinne.

Dans un autre travail (1), nous avons déjà signalé l'influence de la distance des parois sur les combinaisons et les décompositions effectuées par les effluves électriques. La pression du gaz et la température à laquelle on opère ont également une action.

Nous nous proposons d'étudier l'influence exercée par ces différents facteurs sur la formation de l'ozone.

FORMATION DE L'OZONE.

L'influence exercée par la température sur la formation de l'ozone, sans avoir été étudiée d'une manière approfondie, est pourtant plus ou moins connue. Différents auteurs ont déjà signalé le fait que l'accroissement de la température dans les ozonateurs en diminue sensiblement le rendement. L'abaissement de la température semble d'autre part être favorable à la formation de l'ozone.

INFLUENCE DE LA DISTANCE DES PAROIS.

L'étude de l'influence de la distance des parois semble avoir été négligée; pourtant, comme on va le voir, c'est une étude qui, au point de vue économique, n'est pas sans intérêt.

---

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér., t. XXXIV, p. 269, 1897.

Les expériences ont été faites au moyen de l'appareil figure 1. Il se compose d'une cuve N en verre très épais, longue d'environ 25 centimètres, sur 22 centimètres de large et 5 de haut.

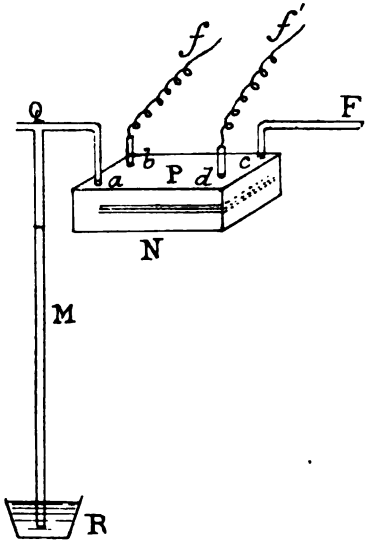


Fig. 1.

La cuve peut se fermer au moyen d'une plaque rodée P, percée de quatre trous *a*, *b*, *c*, *d*. En *a* aboutit le tube Q, par lequel le gaz arrive d'une cloche jaugée; Q communique également avec un tube barométrique M servant à indiquer le degré du vide dans l'appareil. Par le tube F, qui aboutit en *c*, l'ozone est amené dans une série de flacons laveurs contenant une solution d'iodure de potassium additionné d'acide acétique.

L'électricité est amenée par les fils qui aboutissent en *b* et *d* Les bouchons en caoutchouc *a*, *b*, *c*, *d* ont été recouverts d'une couche de paraffine destinée à les protéger contre l'action de l'ozone. Les fils *f*, *f'* sont reliés à des feuilles de papier d'étain enfermées entre deux plaques en verre; celles-ci sont disposées parallèlement dans la cuve N. Les espaces vides sont remplis par des plaques de verre et de la paraffine, de manière à obliger le gaz venant de Q à passer entre les plaques disposées dans la cuve N. Une première série d'expériences a été faite en employant comme source d'électricité un transformateur mû par un moteur à gaz et alimenté par une batterie d'accumulateurs; le courant venant du transformateur est transformé en courant de très haute tension au moyen de la disposition de Tesla; une pluie d'étincelles passe alors entre les plaques. L'air contenu dans la cloche, aspiré par une trompe à eau, arrive par le tube Q, circule entre les plaques où l'ozone se forme et vient par F dans les flacons laveurs où il décompose l'iodure de potassium. On titre l'iode formé au bout d'un temps déterminé.

Dans la première colonne du tableau suivant se trouve indiqué le nombre de litres d'air employés pendant chaque expérience; la distance des parois mesurée en millimètres est inscrite dans la deuxième colonne, et, enfin, dans la troisième, se trouvent les quantités titrées d'iode au moyen d'une solution décinormale d'hyposulfite de soude. La durée totale de chaque expérience a été de trois minutes. La surface des plaques employées était de 20 × 20 centimètres.

Débit.	Distance des parois.	Quantités titrées.
—	—	—
Litres.	Millimètres.	Centimètres cubes.
21,6	0,2	0,1
21,6	0,4	11,5
21,6	1,0	16
21,6	2,2	25,7
21,6	4	37
21,6	6	23,3
21,6	10	4

La distance des plaques exerce donc une influence très notable sur la formation de l'ozone. Le maximum du rendement semble être atteint pour une distance de 4 millimètres environ; lorsque la distance s'accroît, il y a une tendance de plus en plus marquée à la formation des divers oxydes de l'azote; de plus, pour les distances de 5 à 10 millimètres, les étincelles ne sont plus aussi serrées sur les plaques; dans ces conditions, la surface des plaques n'est plus que partiellement lumineuse; pour la distance de $0^{mm},2$, la formation de l'ozone est presque nulle.

INFLUENCE DE LA VITESSE DU COURANT ET DE LA PRESSION.

La quantité d'air employée a une grande influence sur le rendement; pour des plaques d'une surface de 20 × 20 centimètres et distantes de 4 millimètres, on a :

Litres d'air employés.	Distance des parois.	Quantité d'iode titrée.
—	—	—
Litres.	Millimètres.	Centimètres cubes.
28,6	4	37
3,6	4	12
2,1	4	6

Si le rendement n'est pas proportionnel à la quantité d'air, il varie pourtant sensiblement avec le nombre de litres qui passent entre les plaques pendant le même temps.

Dans toutes ces recherches, le gaz était à la pression atmosphérique; d'autres déterminations ont été faites, en opérant à une pression plus faible; il suffit pour cela de régler les robinets d'entrée et de sortie du gaz de manière à maintenir le mercure de la colonne barométrique à la hauteur voulue; dans ces conditions, on obtient :

Pression à laquelle on opère.	Débit.	Distance des parois.	Quantités titrées.
—	—	—	—
Millimètres.	Litres.	Millimètres.	Centimètres cubes.
776	3,6	4	12
370	3,6	4	14,2
776	2,1	4	6
240	2,1	4	6

Les chiffres de la dernière colonne montrent que la pression ne semble pas avoir une grande influence sur le rendement en ozone; l'écart entre 12 et 14.2 n'est pas assez grand pour y attacher de l'importance.

INFLUENCE DE LA LONGUEUR DU TRAJET LUMINEUX.

Au lieu de faire passer l'air entre deux plaques, on peut le faire circuler entre plusieurs plaques superposées, par exemple trois plaques ayant les dimensions 10×20; dans ce cas, l'étendue des espaces lumineux est la même que dans le cas précédent, où l'on employait deux plaques 20×20, seulement, pour un même débit d'air, celui-ci

circule deux fois moins vite entre les plaques. Dans ces conditions, on a :

Débit.	Distance des parois.	Quantités titrées pour trois plaques 10 × 20	Quantités titrées pour deux plaques 20 × 20
Litres.	Millimètres.	Litres.	Centimètres cubes.
21,6	1,8	14,5	14
9,9	»	14,5	10
3,3	»	10	5,7

L'influence du débit varie sensiblement avec la dimension des plaques; pour les plaques 10 × 20, où les gaz ne sont soumis aux effluves que sur un parcours de 10 centimètres, la vitesse du gaz est un facteur beaucoup moins important que pour les plaques 20 × 20, où le gaz est soumis sur une longueur de 20 centimètres aux étincelles; dans ce cas, l'ozone formé est sans doute de nouveau en partie décomposé. Ce fait est encore mieux démontré lorsque l'on fait passer des effluves entre deux tubes concentriques, comme l'indique la figure 2, et que pour une même vitesse de courant gazeux on produit des étincelles sur une longueur plus ou moins grande du tube. Le

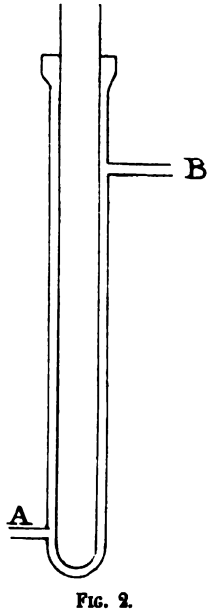


Fig. 2.

tableau suivant résume le résultat de ces expériences :

Longueur des tubes lumineux.	Quantité d'iode titrée.
Centimètres.	Centimètres cubes.
15	16
34	18
64	12
98	9
125	7

Il y a donc une longueur pour laquelle le rendement est maximum ; cette longueur varie évidemment avec la distance des parois, la vitesse du courant gazeux et l'intensité du courant électrique.

INFLUENCE DE LA NATURE DES GAZ.

Il y a encore intérêt à comparer le rendement en ozone lorsque, toutes les conditions étant égales, on emploie de l'oxygène au lieu d'employer de l'air. Pour trois plaques de dimensions 10 × 20, on obtient :

Volume de gaz.	Distance des parois.	Iode titré pour l'air.	Iode titré pour l'oxygène.
Litres.	Millimètres.	Litres.	Centimètres cubes.
21,6	4	35,4	43,5
3,5	4	15	20
21,6	1	18	28,5
3,5	1	5	10

Comme le montre le tableau précédent, lorsqu'on emploie un grand volume de gaz, l'écart entre la production de l'ozone au moyen de l'air ou de l'oxygène pur n'est pas assez grand pour justifier, au point de vue économique, l'emploi de ce dernier gaz.

INFLUENCE DE L'INTENSITÉ DU COURANT.

Dans la cuve N, on place les unes au-dessus des autres sept plaques de dimensions 20 × 20; deux plaques consécutives sont distantes de deux millimètres; il y a ainsi six espaces entre lesquels peuvent se produire des étincelles, les plaques étant alternativement reliées aux pôles de la source d'électricité. Dans ces conditions, en employant les courants de haute tension de Tesla, quatre sur six des espaces sont bien lumineux ; la densité électrique est sans doute insuffisante pour rendre tous les espaces lumineux. Avec un débit d'air de 21 litres, on titre en trois minutes 7 centimètres cubes d'iode; il est à remarquer que le gaz passant par une section beaucoup plus grande que dans les expériences précédentes, la vitesse du courant est nécessairement moindre, ce qui est cause de la minime formation d'ozone.

Les plaques étant disposées comme ci-dessus, si l'on prend le courant de la machine transformé en courant de tension moins élevée, on aura un courant d'une densité plus grande. Tous les espaces sont alors bien lumineux et, au bout du même temps pour la même quantité d'air, on titre 55 centimètres cubes au lieu de 7; la différence est donc très notable. Dans les deux cas, le courant d'origine vient d'un transformateur alimenté par une batterie d'accumulateurs; seulement, dans la première expérience, le courant a une haute tension et une densité faible, dans la seconde une tension moindre et une densité plus grande.

Lorsqu'on emploie des courants de moindre tension,

il faut diminuer la distance des plaques jusqu'au moment où l'étincelle se produit ; c'est pour ce motif que la distance a dû être réduite à 2 millimètres. On a vu précédemment que la distance des parois a une influence sur le rendement en ozone. Si l'on fait une expérience avec le courant de haute tension en portant la distance des plaques à 4 millimètres au lieu de 2, on obtient dans ces conditions 12^{cc},5 au lieu de 7 ; le rendement est donc plus grand, mais pourtant encore bien inférieur à 55 centimètres cubes, obtenu au moyen d'un courant de moindre voltage, mais de densité plus forte. On voit donc que si d'une part il y a avantage à éloigner les plaques, d'autre part il y a bénéfice encore plus grand à les rapprocher, parce que pour la même énergie en watts, c'est-à-dire volts × ampères, on peut diminuer le premier facteur au bénéfice du second. C'est là, au point de vue économique, que se trouve le nœud de la question. Il existe une distance des parois pour laquelle le rendement est maximum pour un courant donné. Cette distance maximum est limitée par le voltage ; d'autre part, pour une énergie électrique donnée volts × ampères, il y a avantage à diminuer le voltage pour avoir un plus grand nombre d'ampères, ce qui permet d'avoir une étendue lumineuse plus grande ; on ne peut pas trop diminuer le voltage, car les parois doivent être rapprochées, ce qui est défavorable à la production de l'ozone. Les conditions les plus favorables se trouveront donc en un point intermédiaire à déterminer par l'expérience.

Pour les courants de moindre tension, la distance des plaques exerce d'ailleurs aussi une influence appréciable ;

ainsi, lorsque la distance des plaques est réduite à 1 millimètre, on ne titre plus que 32 centimètres cubes; dans ce cas-ci comme dans le précédent, tous les espaces sont lumineux. Il est pourtant à remarquer que si l'on multiplie le nombre de plaques, le nombre d'espaces lumineux sera plus grand lorsque les plaques seront distantes de 1 millimètre au lieu de 2, et alors le rendement pourra être plus grand pour la distance moindre. Les expériences suivantes démontrent ce fait. Dans la cuve, on place neuf plaques distantes de 1 millimètre et on lance dans le transformateur un courant de 1 ampère au lieu de 5 : tous les huit espaces sont lumineux et on titre au bout de trois minutes 30 centimètres cubes. Si l'on porte la distance des plaques à 2 millimètres, cinq espaces et demi environ sont lumineux et l'on a, au bout du même temps pour la même quantité d'air, $11^{cc},3$. Ainsi, en diminuant la distance des plaques, la quantité d'ozone produite diminue par unité de surface, mais, d'autre part, comme on peut couvrir d'étincelles une surface d'autant plus grande que la distance des plaques est moindre, on voit clairement que le rendement dépend des deux facteurs : surface lumineuse et distance des plaques. La valeur de chacun de ces facteurs varie d'ailleurs avec la vitesse du débit gazeux et le voltage de la source d'électricité dont on dispose. Nous n'avons pu déterminer le rendement maximum pour une énergie donnée, les machines nécessaires n'étant pas à notre disposition; mais ces recherches permettent de se rendre compte de la voie à suivre pour arriver à un résultat pratique.

—

Sur quelques dérivés du nitro-isopentane primaire

$$(NO_2)CH_2 - CH_2 - CH < \begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix};$$

par Théophile Mousset, docteur en sciences.

En 1895, M. Louis Henry a étudié les paraffines nitrées dans leurs rapports avec les aldéhydes et trouvé, dans la combinaison réciproque de ces deux classes de composés, une méthode synthétique pour la préparation des alcools nitrés renfermant le système

$$\begin{array}{l} > C - (NO_2) \\ \quad\ \ | \\ > C - (OH) \end{array}$$

M. Henry a appelé à l'existence, soit par lui-même, soit par ses élèves, des alcools nitrés aux divers étages de la série de carburation (*).

Je me suis occupé, à son invitation, des dérivés du nitro-isopentane primaire $\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CH_2 - CH_2(NO_2)$.

Je décrirai tout d'abord ce dérivé nitré lui-même, qui fut obtenu autrefois par Victor Meyer et Stüber. Il m'a paru intéressant d'en reprendre l'étude pour préciser certaines de ses propriétés.

(*) Voir les *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, à partir de 1895.

NITRO-ISOPENTANE PRIMAIRE

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CH_2 - CH_2(NO_2).$$

Le nitro-isopentane primaire (*) peut s'obtenir par l'action de l'iodure d'isoamyle (**) sur le nitrite d'argent.

La réaction de l'iodure d'isoamyle $\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CH_2 - CH_2I$ sur le nitrite d'argent s'établit dès la température ordinaire et donne en dérivé nitré un rendement égal à 70 % de la quantité calculée.

Pour préparer cette paraffine nitrée, voici les conditions qui me paraissent avoir été les meilleures :

A 1 molécule-gramme de nitrite d'argent sec, on ajoute de l'éther jusqu'à ce que celui-ci surnage; on y introduit petit à petit 1 molécule-gramme d'iodure bouillant à température fixe. La réaction s'établit bientôt

---

(*) *Deutsch. ch. Gesellsch.*, t. CLXXI, p. 22. — BRUHL, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, t. XVI, p. 216.

(**) J'ai préparé l'iodure d'isoamyle en chauffant au bain d'eau et au réfrigérant ascendant de l'iodure de sodium additionné préalablement d'alcool et du chlorure d'amyle bouillant fixe à 99°-101°, lequel j'ai également obtenu en chauffant au bain-marie, dans une ampoule de Wurtz, de l'alcool isoamylique saturé plusieurs fois d'acide chlorhydrique jusqu'à transformation complète.

L'iodure d'amyle que j'ai retiré de ces transformations distille à température fixe sous pression réduite et, sous la pression ordinaire, passe à 145°-147°.

De cette façon, j'ai pu éviter les transmutations possibles que peut subir ce corps lors de sa formation.

et dès la température ordinaire; lors de l'addition de la première portion d'iodure, il se produit une vive ébullition; celle-ci devient même tellement intense, que l'on doit refroidir. On agite le tout avec soin afin de mieux garantir le contact entre les facteurs de la réaction, et cela dans un ballon surmonté d'un tube en verre faisant office de réfrigérant.

Lorsque toute la masse est presque entièrement introduite, on peut remarquer que l'intensité réactionnelle est déjà beaucoup diminuée; aussi faut-il chauffer doucement quelques instants au bain-marie et au réfrigérant ascendant. Après refroidissement, on décante les produits formés en solution dans l'éther. Quant à l'iodure d'argent, il est filtré à la trompe et lavé soigneusement plusieurs fois avec le même dissolvant. On sépare l'éther au bain d'eau et les produits formés sont distillés sous la pression ordinaire; ce qui passe au-dessous de 120° renferme du nitrite d'amyle, ébullition 99° et un peu d'eau.

Puis les portions de 120° à 165° renfermant le nitropentane et quelque peu d'iodure non transformé, sont fractionnées plusieurs fois et fournissent le nitro-isopentane $\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix} > CH - CH_2 - CH_2(NO_2)$ (*) bouillant à 164° sous une pression de 763 millimètres. Quant aux propriétés du nitro-isopentane, j'ai reconnu qu'elles sont à peu de chose près celles que lui a attribuées Victor Meyer.

C'est un liquide incolore, mobile, très réfringent, d'une odeur éthérée agréable.

(*) Le nitro-isopentane rectifié rougit encore un peu sous l'action de l'acide sulfurique; cela provient de traces d'iodure d'isoamyle n'ayant pas pris part à la réaction.

Il bout à 164° sous une pression de 763 millimètres, toute la colonne mercurielle étant dans la vapeur; d'après V. Meyer, à 164°, pression de 755 millimètres, et à 64°-65°, pression de 21 millimètres (*).

Sa densité à l'état liquide est de 0.957 à 13°. V. Meyer a déterminé 0.9605 à $^{20}/_{4}$.

Il s'ensuit que le nitro-isopentane surnage à l'eau, où il est insoluble; il se dissout dans l'alcool et l'éther.

L'analyse de ce corps a donné les résultats suivants :

1° 0gr,1890 de substance ont donné 11.36 °/₀ d'azote;
2° 0gr,2082 de substance ont donné 11.28 °/₀ d'azote.
La quantité théorique est égale à 11.96 °/₀.

Ces dosages d'azote ont été faits selon la méthode de Kjeldahl.

En ce qui concerne les propriétés chimiques du nitro-pentane, j'ai examiné :

A. Sa condensation avec les aldéhydes;

B. L'action du sodium et des corps halogènes;

C. L'action de l'alcool amyléno-méthylique pipéridique;

D. L'action des agents de réduction.

A. — Condensation avec les aldéhydes aliphatiques.

En sa qualité de dérivé nitré à chaînon bihydrogéné $H_2C(NO_2)$, le nitro-isopentane jouit de la propriété de se condenser aux aldéhydes d'après la règle énoncée

(*) Bruhl, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, t. XVI, p. 216.

par M. L. Henry. Sa capacité de condensation égale « deux », condensation qui peut s'opérer en *un* ou en *deux* temps.

a) Avec *une* molécule d'aldéhyde, on obtient un alcool monoatomique mononitré;

b) Avec *deux* molécules d'aldéhyde, on obtient un glycol mononitré.

Je me suis occupé de l'étude des dérivés correspondant au méthanal $H_2C = O$ et à l'éthanal $H_3C - CH = O$.

Action du méthanal.

1° Avec une molécule de $H_2C = O$, on obtient le nitro(2)-isohexanol primaire

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CH_2 - CH(NO_2) \cdot CH_2 \quad (OH).$$

Un mélange équimoléculaire de nitropentane et de méthanal, en solution aqueuse de 40 %, ne manifeste spontanément aucune réaction.

L'introduction d'un petit fragment de carbonate bipotassique, mieux encore d'un grain de KOH, suffit pour déterminer, dans la masse, un échauffement d'environ 25° à 30°.

Après refroidissement, on neutralise le carbonate potassique ou la potasse caustique par quelques gouttes d'acide chlorhydrique dilué; puis on extrait l'alcool nitré par l'éther; après expulsion de celui-ci, le produit brut est soumis à la distillation fractionnée, sous pression raréfiée.

Quelques rectifications fournissent le nitro-isohexanol

primaire bouillant à la température de 141° sous une pression réduite de 32 millimètres.

Le rendement en produit pur est de 75 %.

Lors de la distillation des dernières portions, le thermomètre monte d'environ 10° à 15° et il passe un produit qui se concrète sur les parois froides du récipient en formant une masse solide cristalline. C'est le résultat de l'addition de 2 molécules de méthanal, produit sur lequel je reviendrai plus loin.

Le *nitro-isohexanol primaire* est un liquide incolore, plus ou moins épais, d'une odeur désagréable et d'un goût amer, dont les vapeurs irritent la muqueuse de l'œil.

Il est insoluble dans l'eau, mais se dissout très bien dans l'éther et l'alcool. Sa densité, à l'état liquide à 13°, est 1.060.

Il n'est pas sans intérêt de comparer ce composé avec d'autres alcools nitrés isomères de celui-ci :

1° A celui provenant de l'action du nitrométhane sur l'aldéhyde isovalérique. Ce corps

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CH_2 - CH(OH) - CH_2(NO_2)$$

est un liquide ayant, à 14°, une densité égale à 1.025 et bouillant sous une pression de 38 millimètres à 127°-130°.

2° A celui provenant de l'action du nitro-isobutane sur l'aldéhyde acétique. Ce corps

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CH(NO_2) - CH - (OH) - CH_3$$

est un liquide ayant, à 13°, une densité égale à 1.0553 et bouillant sous une pression de 38 millimètres à 119°-122°.

La densité des simples alcools ordinaires en C_6, correspondant à ces alcools nitrés, est 0.8183 à 17°.

On voit ainsi que le remplacement d'un atome de H par (NO_2), en augmentant le poids moléculaire, augmente également la densité; cette augmentation est d'environ 0.207.

L'analyse du nitro-hexanol primaire a fourni les résultats suivants :

1° 0gr,2672 ont donné 0gr,4791 de CO_2 et 0gr,2123 de H_2O;

2° 0gr,1753 ont donné 0gr,3139 de CO_2 et 0gr,1397 de H_2O.

	Trouvé °/o.				Calculé.
	I	II	III	IV	
C.	48.90	48.83	—	—	48.98
H.	8.83	8.85	—	—	8.84
N.	—	—	9.13	9.25	9.52

Les propriétés du nitro-hexanol primaire tiennent à la présence des composants HC - (NO_2) et H_2C - (OH).

1° Composant nitré HC - (NO_2).

Les propriétés de ce composant se rattachent les unes à l'hydrogène, les autres au radical nitryle NO_2.

a) *Propriétés dérivant de l'hydrogène.* — J'en mentionnerai deux : d'abord la faculté de se condenser une fois encore avec les aldéhydes, point sur lequel je reviendrai plus loin; ensuite le *caractère basique.*

Avec la soude caustique en solution alcoolique, le nitro-isohexanol dépose, par addition d'éther, une masse solide formée d'aiguilles onctueuses d'une parfaite blancheur. Lavé à l'éther et séché sur H_2SO_4, ce sel sodique répond à la formule $\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix} > CH - CH_2 - CNa(NO_2)$

- $CH_2(OH)$; il est insoluble dans l'éther, soluble dans l'alcool à chaud, très soluble dans l'eau.

La solution de ce sel sodique donne, avec les solutions métalliques, des précipités analogues à ceux que produisent les dérivés à métal alcalin des nitro-paraffines inférieures :

$CuSO_4$	précipité	vert pomme;
$Hg(NO_3)_2$	—	jaune;
$Hg(NO_3)$	—	gris noirâtre;
$Pb(NO_3)_2$	—	blanc;
Fe_2Cl_6	—	brun (après coloration en rouge vif);
$AgNO_3$	—	grisâtre, puis réduction rapide et formation d'un miroir.

b) *Propriétés relevant du radical nitryle* - NO_2. — C'est la réduction de ce radical et sa transformation en - NH_2.

J'ai soumis à l'action des agents de réduction le nitro-isohexanol $\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix} > CH - CH_2 - CH(NO_2) - CH_2(OH)$.

J'ai d'abord employé la méthode de Béchamp, qui fut utilisée avec succès par V. Meyer (*) pour transformer le nitro-éthane en dérivé aminé, à savoir le fer en présence de l'acide acétique aqueux.

L'introduction du nitro-isohexanol primaire, par petites portions, dans ce mélange détermine une réaction assez vive. Il est nécessaire de refroidir de temps en temps. La réaction est terminée alors que l'on cesse de percevoir l'odeur irritante de l'alcool nitré. 10 grammes de celui-

(*) *Liebig's Annalen der Chemie*, t. CLXXI, p. 22.

ci ont nécessité environ 30 grammes de fer et le tout a été laissé en contact pendant environ vingt-quatre heures.

L'introduction d'une solution de soude caustique dans la masse liquide y détermine un précipité abondant d'hydroxyde ferrique, qui enveloppe l'alcool-amine mis en même temps en liberté. On filtre le tout à la trompe et on lave le précipité gélatineux avec un peu d'eau chaude.

Les eaux alcalines sont saturées par l'acide chlorhydrique et doucement évaporées pour en diminuer le volume.

L'addition d'un fragment d'alcali en bâton chasse l'amine-alcool de son sel. On l'extrait de sa solution aqueuse à l'aide de l'alcool en présence du carbonate potassique.

L'expulsion de l'alcool par distillation laisse l'amine-alcool à l'état d'hydrate.

Le peu de produit que j'ai retiré de cette opération ne m'a pas permis de le purifier. Par la distillation, j'obtins un produit bouillant vers 190° sous la pression ordinaire.

J'ai ensuite réalisé la réduction par l'étain et l'acide chlorhydrique aqueux. On opère comme il est indiqué précédemment, mais vu l'insolubilité de l'alcool nitré dans l'acide chlorhydrique aqueux, il a fallu le dissoudre dans l'alcool; puis, pour saturer l'acide chlorhydrique et décomposer le sel stanneux, j'ai remplacé les alcalis par du carbonate potassique. Pendant cette opération, j'ai constaté le dégagement d'un gaz excitant vivement le larmoiement.

Les rendements de ce procédé sont meilleurs et s'élèvent à 13 % environ.

Enfin, j'ai réalisé la réduction par l'eau et l'amalgame

aluminique, et dans cette opération, j'ai fait réagir soit l'alcool nitré par petites portions sur l'amalgame, soit petit à petit l'amalgame sur l'alcool nitré, ce qui est mieux. Dans les deux cas, celui-ci est dissous dans l'alcool. Cette méthode m'a donné les rendements les plus avantageux.

On opère comme il a été indiqué précédemment, sauf qu'ici la réaction se passant en solution neutre, le précipité d'hydroxyde aluminique formé est filtré, et le liquide filtré est acidulé par l'acide chlorhydrique. On continue l'opération comme il a été indiqué tout d'abord.

L'analyse de l'isohexanol-amine 1-2

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH \cdot CH_2 - CH(NH_2) - CH_2(OH)$$

ainsi obtenue a fourni les résultats suivants :

1° 0gr,1775 ont donné 0gr,3988 CO_2 et 0gr,2051 H_2O;
2° 0gr,2005 ont donné 0gr,4512 CO_2 et 0gr,2312 H_2O.

	Trouvé °/o.				Calculé °/o.
	I.	II.	III.	IV.	
C. . .	61.28	61.38	—	—	61.53
H . .	12.83	12.81	—	—	12.82
N . .	—	—	11.91	11.94	11.96

L'*isohexanol-amine* constitue un liquide incolore, plus ou moins épais, d'une odeur fade de poisson, d'une saveur très piquante, d'un arrière-goût nauséabond.

Sa densité à l'état liquide est égale, à 13°, à 0.9173.

Elle bout fixe sous la pression de 768 millimètres à 198°-200°, toute la colonne mercurielle dans la vapeur.

L'isohexanol-amine se dissout aisément dans l'eau en

s'échauffant et en produisant, suivant toute vraisemblance, un hydrate; elle se dissout également dans l'alcool en toutes proportions; mais elle est peu soluble dans l'éther.

L'isohexanol-amine cumule dans sa molécule les propriétés des alcools et des amines.

I. — Le chlorure de benzoyle C_6H_5 - COCl en présence des alcalis libres — réaction de Baumann-Schotten — permet de mettre en un coup ces caractères en évidence. On en obtient le dérivé *dibenzoïque*

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CH_2 - \underset{\underset{CH_2 - O(CO - C_6H_5)}{|}}{CH} - NH(CO - C_6H_5)$$

qui cristallise en lames minces très solubles dans l'alcool, peu solubles dans l'éther, insolubles dans l'eau.

Ce corps fond à 124°-125°.

Son analyse a fourni les résultats suivants :

	Substance.	Azote °/o trouvé.	Azote °/o calculé.
1°. . . .	0gr,2172	4.12	4.30
2°. . . .	0gr,2005	4.17	

II. — Le chlorhydrate de l'isohexanol-amine 1-2 s'unit au chlorure platinique pour former un sel jaune, très peu soluble dans l'éther, plus soluble dans l'alcool et soluble dans l'eau.

J'y ai trouvé 30.12 °/o et 30.02 °/o de platine; la formule

$$\left(\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CH_2 - CH - \underset{H \quad Cl}{NH_2} - CH_2 - OH\right)_2 PtCl_4$$

en demande 30.17 °/o.

III. — L'isohexanol-amine fait la double décomposition avec l'oxalate d'éthyle et fournit un beau corps cristallisant en fines aiguilles d'une parfaite blancheur. Il est peu soluble dans l'éther, très soluble dans l'alcool, surtout à chaud, insoluble dans l'eau, fusible à 99°-100°.

Le dosage d'azote a fourni les chiffres suivants :

	Substance.	N °/₀ trouvé.
1°. . . .	0gr,1572	9.30
2°. . . .	0gr,2135	9.38

La formule

$$\begin{array}{l} CH_3 \\ CH_3 \end{array} > CH - CH_2 - \underset{\displaystyle CH_2 - OH}{\underset{|}{CH}} - (NH) - \underset{\displaystyle O}{\underset{\|}{C}} = O$$

$$\begin{array}{l} CH_3 \\ CH_3 \end{array} > CH - CH_2 - \underset{\displaystyle CH_2 - OH}{\underset{|}{CH}} - (NH) - \underset{\displaystyle O}{\underset{\|}{C}} = O$$

en demande 9.72 °/₀.

IV. — L'acide picrolonique, qui est le produit nitré du phényl-méthyl-parazolone — réactif de M. Knorr — présenté en solution alcoolique, s'unit comme tel à l'isohexanol-amine 1-2 pour former un beau sel jaune se décomposant vers 245°-247°, très peu soluble dans l'éther et l'alcool.

Sa formule

$$\begin{array}{l} \quad N - C_6H_4 - NO_2 \\ \quad N \quad C - OH - NH_2 - \underset{\displaystyle CH_2 - OH}{\underset{|}{CH}} - CH_2 - CH < \begin{array}{l} CH_3 \\ CH_3 \end{array} \\ CH_3 - C - C - NO_2 \end{array}$$

demande 19.60 °/₀ d'azote.

J'ai trouvé :

	Substance.	N °/₀ trouvé.
1°. . . .	0gr,1220	19.45
2°. . . .	0gr,1732	19.62

V. — L'isohexanol-amine 1 - 2 s'ajoute au sévénol phénylique SC- (N-C_6H_5) pour donner un dérivé thiouréique qui répond à la formule

$$SC < \begin{matrix} NH - (C_6H_5) \\ NH - \underset{\underset{CH_2 - OH}{|}}{CH} - CH_2 - CH < \begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} \end{matrix}$$

C'est un corps sirupeux, incristallisable, soluble à chaud dans l'alcool, l'éther et l'acétone, insoluble dans l'eau. Un dosage d'azote dans ce corps a fourni 10.51 °/° de cet élément; la formule en demande 11.11 °/₀.

2° Composant alcool $\underset{|}{CH_2}$ - (OH).

La fonction alcool du nitro-hexanol primaire

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CH_2 - CH(NO_2) - CH_2 - (OH)$$

est mise en évidence par l'action du pentachlorure de phosphore et par celle du chlorure d'acétyle.

Chloro-nitro-isohexane 1-2

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CH_2 - CH(NO_2) - CH_2Cl.$$

Le *pentachlorure de phosphore* réagit d'une façon très vive sur le nitro-isohexanol, dès la température ordinaire. Il se dégage abondamment de l'acide chlorhydrique. On introduit par petites portions l'alcool nitré dans un excès de pentachlorure de phosphore.

La réaction terminée, la masse refroidie apparaît avec une couleur bleu verdâtre; on la soumet à l'action de l'eau pour détruire l'oxychlorure de phosphore.

Le liquide a été soumis à la distillation. Le dérivé chloro-nitré formé apparaît alors sous forme d'une huile insoluble et plus dense que l'eau. On l'a desséchée sur du chlorure de calcium, puis rectifiée.

Le *chloro-nitro-isohexane* pur

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CH_2 - CH(NO_2) - CH_2Cl$$

constitue un liquide limpide, légèrement verdâtre, très mobile, dont les vapeurs irritent fortement les muqueuses de l'œil, d'une odeur désagréable et d'un goût piquant. Il bout sous la pression ordinaire à la température de 209°-210°, mais dès lors il se décompose légèrement en dégageant de l'acide chlorhydrique; il est totalement insoluble dans l'eau, soluble dans l'éther et l'alcool.

Sa densité à l'état liquide est 1.090 à 18°.

La densité de vapeur déterminée par la méthode de Hofmann a donné les résultats suivants :

Substance.	0gr,0242
Pression barométrique. . .	763mm
Mercure soulevé	671mm
Tension de la vapeur . . .	72mm
Volume de la vapeur . . .	65cc,5
Température.	184°

Ce qui correspond à 5.21. La densité théorique est 5.70.

L'analyse a fourni les chiffres suivants :

	Azote °/o	
Substance.	trouvé.	calculé.
0gr,1030	8.29	8.48

Dosage du chlore :

1° 0gr,1232 donnent 0gr,1050 AgCl
2° 0gr,1203 donnent 0gr,1022 AgCl

	Chlore °/₀ trouvé.	Chlore °/₀ calculé.
I	21.09	21.45
II	21.04	

Éthanoate du nitro-isohexanol 1-2

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CH_2 - CH(NO_2) - CH_2(O - CO - CH_3).$$

Le chlorure d'acétyle, mis en présence du nitro-isohexanol primaire, réagit avec une telle violence dès la température ordinaire, qu'il est nécessaire de refroidir et d'introduire le chlorure dans l'alcool par petites portions. Il se produit un dégagement abondant d'acide chlorhydrique.

Cette réaction donne d'excellents résultats et se fait instantanément.

Le produit brut forme une huile légèrement colorée en bleu verdâtre. On le lave à l'eau en présence de $KHCO_3$. Desséché sur $CaCl_2$ et soumis à la distillation fractionnée sous pression réduite, il donne l'éthanoate de nitro-isohexanol bouillant à 147° sous la pression de 40 millimètres.

Cet *acétate* constitue un liquide plus ou moins jaunâtre, dont la densité à l'état liquide est 1.059 à 13°; d'une odeur désagréable, mais peu prononcée; d'une saveur brûlante; insoluble dans l'eau, se dissolvant très bien dans l'alcool et l'éther.

Le dosage d'azote a fourni les résultats suivants :

	Substance.	Azote °/₀ trouvé.	Azote °/₀ calculé.
I. . . .	0gr,1981	7.30	7.40
II. . . .	0gr,1551	7.05	

Comme je l'ai signalé plus haut, le nitro-isohexanol primaire $\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix} > CH - CH_2 - CH - (NO_2) - CH_2 - (OH)$ est isomère avec le nitro-isohexanol 1-2

$$\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix} > CH - CH_2 - CH - (OH) - CH_2 - (NO_2).$$

(Ébullition 127°-130°, pression 38 millimètres.)

Ce corps a été obtenu par M. L. Henry (*) d'après la méthode générale de préparation des alcools nitrés, par la condensation de l'aldéhyde isovalérique

$$\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix} > CH - CH_2 - CHO$$

avec le nitro-méthane $CH_3(NO_2)$.

J'ai soumis aussi cet alcool nitré à la réduction, afin de connaître quelle influence pouvait exercer sur la volatilité, dans les amines-alcools, la transposition des chaînons $>C - NH_2$ et $>C - (OH)$.

J'ai mis en œuvre la méthode employée avec succès dans le cas précédent, à savoir l'eau en présence de l'amalgame aluminique.

Celui-ci est introduit petit à petit dans la solution de l'alcool nitré dans l'alcool aqueux. Pour réaliser cette

(*) Voir L. Henry, *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, à partir de 1895.

réaction, j'ai employé 50 grammes de nitro-isohexanol 1-2. Les choses se passent comme il a été indiqué précédemment. Le rendement de l'opération est d'environ 40 %.

Quelques distillations fractionnées exécutées avec soin m'ont fourni l'isohexanol-amine primaire

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CH_2 - CH - (OH) - CH_2 - (NH_2),$$

à l'état anhydre et bouillant sous la pression de 765 millimètres à 198°-200°, toute la colonne mercurielle dans la vapeur.

On voit que la transposition des chaînons alcool et amine n'exerce aucune influence, à cet étage du moins, sur la volatilité de la molécule totale.

L'analyse de cet amine-alcool a fourni les chiffres suivants :

I. 0gr,1523 ont donné 0gr,3430 de CO_2 et 0gr,1748 de H_2O;

II. 0gr,1627 ont donné 0gr,3658 de CO_2 et 0gr,1888 de H_2O.

	I.	II.	III.	IV.	V.	Calculé.
C. . .	61.44	61.34	—	—	—	61.53
H . .	12.76	12.90	—	—	—	12.82
N . .	—	—	11.61	11.54	11.71	11.96

L'*isohexanol-amine 2 primaire* constitue un liquide incolore, d'une consistance plus ou moins épaisse, d'une odeur fade de marée, d'une saveur caustique très prononcée et d'un arrière-goût nauséabond.

Sa densité à l'état liquide est égale, à 17°, à 0.890.

Il se dissout aisément dans l'eau pour former un hydrate; il est très soluble également dans l'alcool, mais moins dans l'éther ordinaire.

Cette amine-alcool jouit également des propriétés des alcools et des amines.

I. — Avec le chlorure de benzoyle $H_5C_6 - COCl$ en présence des alcalis libres, il fournit le dérivé *dibenzoïque*

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CH_2 - \underset{\underset{CH_2 - NH - (CO - C_6H_5)}{|}}{CH} - O - (CO - C_6H_5)$$

isomère de celui obtenu à l'aide de l'isohexanol-amine 1-2.

Ce corps cristallise en très belles lames, très solubles dans l'alcool, surtout à chaud, moins solubles dans l'éther et pour ainsi dire insolubles dans l'eau. Il fond à 128°.

Son analyse a fourni les chiffres suivants :

	Substance.	Azote °/₀ trouvé.	Azote °/₀ calculé.
I. . . .	0gr,2163	4.08	4.30
II. . . .	0gr,1738	4.14	

II. — Le chlorhydrate de l'isohexanol-amine primaire s'ajoute au chlorure de platine pour former un sel jaune, assez soluble dans l'eau, moins soluble dans l'éther et l'alcool. La formule de ce corps,

$$\left[\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CH_2 - CH - (OH) - CH_2 - NH_2HCl\right]_2PtCl_4,$$

demande 30.17 °/₀ de platine. J'en ai trouvé 30.13 °/₀ et 29.92 °/₀.

III. — L'isohexanol-amine primaire s'ajoute à l'acide picrolonique pour former un beau sel cristallisable en fines paillettes, peu solubles dans l'éther et l'alcool.

Il se décompose vers 240°-243°.

Le dosage d'azote a fourni les résultats suivants :

	Substance.	N °/₀ trouvé.	N °/₀ calculé.
I. . . .	0gr,2157	19.49	19.60
II. . . .	0gr,1773	19.57	

IV. — L'oxalate d'éthyle fait aussi la double décomposition avec cette amine-alcool. Je ne suis pas parvenu à faire cristalliser le produit qui en résulte.

2° *Condensation du nitro-isopentane primaire avec deux molécules de méthanal.*

Le résultat de cette synthèse est l'isopropyl-glycol isobutylénique mononitré

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CH_2 - C(NO_2) < \begin{matrix} CH_2(OH) \\ CH_2(OH) \end{matrix}$$

Ce produit peut s'obtenir, en partant du nitro-isopentane primaire, de deux façons :

a) *Directement* en condensant le dérivé nitré avec deux fois le méthanal $H_2C = O$.

b) *Indirectement* par l'addition du méthanal au nitrohexanol, produit d'une première condensation.

Méthode directe. — Dans une opération où j'ai mis en présence 10 grammes de nitro-isopentane et 13 grammes de méthanal à 40 °/₀, ce qui correspond à 2 molécules d'aldéhyde pour 1 molécule de dérivé nitré, le tout sous l'action d'un grain de K_2CO_3 comme agent excitateur, la température s'est élevée de 22° à 50°.

Dans la solution aqueuse, après addition d'acide chlorhydrique pour neutraliser le carbonate potassique, apparaît le glycol formé sous forme d'une masse blanche. La masse épuisée par l'éther, après évaporation de celui-ci à l'air, a laissé déposer des cristaux de ce glycol d'un poids égal à 15 grammes.

Méthode indirecte. — La fixation de 1 molécule de méthanal sur le nitro-isohexanol primaire n'est accompagnée que d'un dégagement de chaleur peu appréciable.

Les rendements que j'ai obtenus par ce procédé ont été excellents, comme avec la méthode directe.

Le *glycol isopropyl-isobutylénique mononitré* est un beau corps solide, parfaitement blanc, cristallisant en aiguilles onctueuses; celles-ci fondent en tube mince à 98° et sont très solubles dans l'alcool et l'éther.

Le dosage de l'azote dans ce corps a fourni les résultats suivants :

	Substance.	N °/. trouvé.	N °/. calculé.
I. . . .	0gr,1141	7.43	7.91
II. . . .	0gr,1068	7.75	

Un composé isomère de celui-ci résulte de la fixation du méthanal, une fois, sur le nitro[1]-isohexanol[2]

$$\begin{matrix} H_3C \\ H_3C \end{matrix} > CH - CH_2 - CH(OH) - CH_2(NO_2)$$

et répond à la formule

$$\begin{matrix} H_3C \\ H_3C \end{matrix} > CH - CH_2 - CH(ON) - CH(NO_2) - CH_2(OH).$$

Ce corps fond à 103°-104°.

Action de l'éthanal.

Il en résulte un nitro$_3$-isoheptanol de la formule

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CH_2 - CH(NO_2) - CH(OH) - CH_3.$$

Il semble que la réaction de l'éthanal CH_3-CHO, en solution aqueuse, sur le nitro-isopentane primaire, est moins nette que celle du méthanal, car il se forme une certaine quantité d'un produit sirupeux, indistillable et incristallisable.

J'ai pu cependant conduire l'opération à bonne fin de la manière suivante :

On fait tout d'abord un mélange équimoléculaire de dérivé nitré et d'aldéhyde acétique en solution aqueuse à 45 %. On y introduit comme agent excitateur un fragment de K_2CO_3.

J'ai constaté que la température s'est élevée seulement de 24° à 35°, et après que la masse eut été épuisée par l'éther, je remarquai, lors de la distillation, que peu ou presque rien du produit était entré en réaction ; aussi l'opération fut-elle recommencée.

Je remplaçai la parcelle du carbonate potassique par un petit fragment de potasse caustique. Le thermomètre monta rapidement jusqu'à 52°, point qu'il n'a pas dépassé.

Après addition de quelque peu d'acide chlorhydrique étendu, la masse fut épuisée par l'éther; après expulsion de celui-ci, j'obtins le nitro-isoheptanol, bouillant à 132° sous la pression de 30 millimètres. Le rendement de l'opération est d'environ 60 %.

Le nitro-heptanol est un liquide incolore, d'une

odeur très faible, d'une saveur désagréable et piquante, soluble dans l'éther et l'alcool, insoluble dans l'eau.

Sa densité, à l'état liquide, est 1.020 à 13°.

L'analyse de ce corps a fourni les résultats suivants :

I. 0gr,1735 de substance ont donné 0gr,3511 de CO_2 et 0gr,1450 de H_2O;

II. 0gr,1325 de substance ont donné 0gr,2531 de CO_2 et 0gr,1115 de H_2O.

	Substance.	N °/o trouvé.	N °/o calculé.
I. . . .	0gr,2341	8.95	9.39
II. . . .	0gr,2614	9.04	

					Calculé.
C. . . .	52.05	52.10	—	—	52.18
H . . .	9.26	9.35	—	—	9.32
N. . . .	—	—	8.95	9.04	9.39

Produit mixte dérivé du méthanal et de l'éthanal.

Condensation du nitro-isopentane avec le *méthanal* et l'*éthanal* simultanément. Ce produit répond à la formule

$$\begin{matrix} H_3C \\ H_3C \end{matrix} > CH - CH_2 - \underset{\underset{NO_2}{|}}{C} < \begin{matrix} CH_2 - (OH) \\ CH(OH) - CH_3. \end{matrix}$$

Ce glycol nitré en C_8 est assez difficile à dénommer. C'est le dérivé *isobutylique* du butane-diol-1-3-mononitré[2]

$$\begin{matrix} CH_2 - OH \\ | \\ (NO_2)C - CH_2 - CH \\ | \\ CH - (OH) \\ | \\ CH_3 \end{matrix} < \begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}$$

Je l'appellerai provisoirement *nitro-iso-octanediol.*

En partant du nitro-isopentane, ce produit peut s'obtenir :

a) Soit par la condensation du méthanal avec le nitro^3-isoheptanol^2;

b) Soit par la condensation de l'éthanal avec le nitro-isohexanol primaire.

Ces deux méthodes ont été employées.

a) A un mélange équimoléculaire de nitro-isoheptanal et de méthanal à 40 % est ajouté un fragment de KOH; la réaction s'établit après quelque temps, par l'agitation de la masse : la température s'élève de 20° à 35°; la réaction se fait suivant l'équation

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CH_2 - CH(NO_2) \quad CH(OH)\alpha - CH_3 + CH_2 = O$$

$$= \begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CH_2 - C(NO_2) < \begin{matrix} CH\,(OH)\alpha - CH_3 \\ CH_2(OH). \end{matrix}$$

En soumettant ce mélange au traitement indiqué plus haut, j'ai recueilli un produit sirupeux que je ne suis pas parvenu à faire cristalliser et qui, distillé sous une pression de 40 millimètres, s'est décomposé alors que le thermomètre marquait 180°.

C'est un corps soluble dans l'éther, l'alcool et la ligroïne.

b) La condensation de l'éthanal avec le nitro-isohexanal primaire pour donner

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CH_2 - C(NO_2) < \begin{matrix} CH_2 - (OH)\alpha \\ CH - (OH)_2 - CH_3 \end{matrix}$$

a été réalisée dans les mêmes conditions que ci-dessus, sans plus de succès quant au produit lui-même.

B. — Action du sodium et des corps halogènes sur le nitro-isopentane primaire.

I. — *Dérivé monosodé du nitro-isopentane*

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CH_2 - CH < \begin{matrix} Na \\ NO_2 \end{matrix}.$$

Le nitro-isopentane réagit très facilement avec la soude et la potasse caustiques; un hydrogène du groupement $H_2 - (NO_2)$ est remplacé par le métal alcalin.

Si l'on opère en solution aqueuse, la réaction ne se manifeste que par un dégagement assez vif de chaleur. Le sel potassique et le sel sodique sont en effet très solubles dans l'eau. En solution alcoolique, au contraire, surtout avec l'éthylate sodique, il se forme un léger précipité. Le sel sodique est assez soluble dans l'alcool; l'addition de l'éther, où il est totalement insoluble, en détermine la précipitation sous forme d'une poussière blanche.

Le dosage du sodium dans le sel, par sa transformation en sulfate, a donné 16.10 %, tandis que la formule

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CH_2 - CH < \begin{matrix} Na \\ NO_2 \end{matrix}$$

demande 16.56 % de cet élément.

Ce corps réagit intensément avec le chlorure d'acétyle. J'espérais obtenir ainsi une acétone mononitrée de la formule $\begin{matrix} H_3C \\ H_3C \end{matrix} > CH - CH_2 - CH(NO_2) - CO - CH_2$.

Je ne puis constater ici que l'insuccès de cette réaction.

II. — *Chloro-nitro-isopentane aldéhydique*

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CH_2 - CH < \begin{matrix} Cl \\ NO_2. \end{matrix}$$

Quand on fait passer dans la solution aqueuse du sel sodique du nitropentane, un courant de chlore gazeux, il se produit un notable échauffement et en même temps il se forme une huile d'un blanc verdâtre qui surnage tout d'abord, puis se précipite.

Cette huile décantée, lavée plusieurs fois à l'eau, puis séchée sur du chlorure de calcium, peut être rectifiée sous la pression ordinaire.

Le rendement de l'opération est presque théorique.

Le *chloro-nitro-isopentane* ainsi obtenu est un liquide incolore, très mobile, qui attaque vivement les muqueuses de l'œil, d'une saveur piquante, d'une odeur peu prononcée, agréable.

Il est insoluble dans l'eau, au fond de laquelle il tombe; soluble dans les alcalis, l'éther et l'alcool.

Sa densité, à 13°, est 1.177.

Il bout à 178° sous la pression de 750 millimètres, toute la colonne mercurielle dans la vapeur.

La méthode de Hofmann a donné 5.15 pour la densité de vapeur de ce corps.

Substance	$0^{gr},0257$
Pression atmosphérique . .	761^{mm}
Mercure soulevé	690^{mm}
Tension de la vapeur . . .	71^{mm}
Volume de la vapeur . . .	64^{cc}
Température	160°

La densité théorique est 5,23.

L'analyse de ce corps a fourni les résultats suivants :

I. 0gr,1704 ont donné 0gr,1644 AgCl;
II. 0gr,1511 ont donné 0gr,1408 AgCl;
III. 0gr,1060 ont donné 0gr,0944 AgCl.

Trouvé.			Calculé.
I.	II.	III.	
23.40	23.06	23.21	23.43

III. — *Bromo-nitro-isopentane*

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CH_2 - CH < \begin{matrix} Br \\ NO_2. \end{matrix}$$

Dans du brome additionné d'eau, j'ai introduit par petites portions le sel sodique du nitro-isopentane. L'échauffement produit par la réaction est suffisamment intense pour que l'on doive refroidir. Il se dépose une huile lourde que l'on décante; celle-ci, lavée plusieurs fois à l'eau, est séchée sur du chlorure de calcium. Le rendement est pour ainsi dire intégral.

Le *bromo-nitro-isopentane* soumis à la distillation fractionnée bout à 119°-120° sous une pression de 80 millimètres et à 110° sous une pression de 60 millimètres.

Ce composé constitue un liquide mobile, devenant légèrement rougeâtre à la lumière, attaquant la peau et dont les vapeurs excitent le larmoiement. Il a une saveur très piquante et brûlante.

Il se dissout très bien dans l'éther et l'alcool, mais il est insoluble dans l'eau.

Sa densité à l'état liquide est 1.453 à 13°.

Sa densité de vapeur a été trouvée égale à 6.64; la ormule exige 6.77.

Substance.	0gr,0304
Pression atmosphérique . .	763mm
Mercure soulevé.	701mm
Tension de la vapeur . . .	62mm
Volume de la vapeur . . .	64cc
Température.	130°

L'analyse de ce corps a fourni les résultats suivants :

0gr,1314 ont donné 8 centimètres cubes d'azote à 10°, pression 765 millimètres (méthode Dumas).

N °/o	trouvé. . . .	7.29
	calculé . . .	7.24

Dosage du brome :

I. 0gr,1246 ont donné 0gr,1199 AgBr
II. 0gr,2360 ont donné 0gr,2252 AgBr

Trouvé.		Calculé.
I.	II.	
40.95	40.67	40.82

IV. — *Condensation du chloro-nitro-isopentane avec le méthanal.*

Chloro-nitro-isohexanol primaire

$$\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}> CH - CH_2 - C < \begin{matrix}Cl\\NO_2\end{matrix} - CH_2(OH).$$

Le chloro-nitro-isopentane étant monohydrogéné dans son composant actif, sa capacité de condensation est

seulement égale à 1, suivant la règle formulée par M. L. Henry.

On a mélangé des quantités équimoléculaires de chloro-nitro-isopentane et de méthanal en solution aqueuse à 40 °/₀. La réaction est déterminée par l'addition d'un petit fragment de KOH. Par l'agitation, la masse s'échauffe progressivement d'environ 15°.

On extrait le chloro-nitro-hexanol formé à l'aide de l'éther.

Je n'ai pas été à même d'étudier complètement ce produit, ayant eu le malheur de perdre toute la quantité que j'en possédais, le ballon qui le renfermait s'étant brisé lors de la distillation.

V. — *Condensation du bromo-nitro-isopentane avec le méthanal.*

Bromo-nitro-isohexanal primaire

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CH_2 - C < \begin{matrix} Br \\ NO_2 \end{matrix} - CH_2 - OH.$$

Le bromo-nitro-isopentane a, comme le dérivé chloré, une capacité de condensation égale à 1.

Dans une opération où on a mélangé des quantités équimoléculaires du dérivé bromo-nitré et du méthanal en solution aqueuse à 40 °/₀, après introduction de quelques fragments de carbonate potassique, la température s'est élevée aussi d'environ 15°, et une huile lourde, jaunâtre s'est déposée. La rectification du produit s'est faite sous pression raréfiée; le produit a distillé à 159°-161° sous la pression de 55 millimètres.

Le bromo-nitro-isohexanal primaire est un liquide mobile, plus ou moins coloré en brun, d'une saveur brûlante, d'une odeur piquante, insoluble dans l'eau, mais soluble dans l'alcool et l'éther.

Sa densité à l'état liquide est 1.461 à 13°.

Le dosage du brome a donné les résultats suivants :

I. 0gr,1700 ont donné 0gr,1405 AgBr;
II. 0gr,1858 ont donné 0gr,1604 AgBr.

Trouvé.		Calculé.
I.	II.	
35.15	35.09	35.40

C. — Action de l'alcool méthylique amido-pipéridique

$$H_2C < \begin{matrix} OH \\ N = C_5H_{10}. \end{matrix}$$

Comme il ressort des études de M. L. Henry (*) sur les paraffines nitrées, les atomes d'hydrogène qui sont fixés sur le même carbone que le groupement (NO_2) possèdent la propriété de faire la double décomposition avec l'alcool méthylique amido-pipéridique

$$H_2C < \begin{matrix} OH \\ N - C_5H_{10} \end{matrix}$$

qui s'obtient par l'addition de la pipéridine $HN = (C_5H_{10})$ au méthanal.

Lorsque l'on fait réagir le nitro-isopentane primaire

(*) Voir L. Henry, *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e série, t. XXXII, p. 33.

sur ce composé, deux molécules de ce dernier réagissent sur une molécule de composé nitré.

De fait, lors de l'addition du nitro-isopentane à cet alcool refroidi, il s'établit une réaction lente, qu'une légère élévation de température accélère.

Le liquide se trouble par suite d'une formation d'eau et se sépare en deux couches, dont l'inférieure, dissoute dans l'éther et spontanément évaporée à l'air, se prend après peu de temps en de beaux cristaux, d'une blancheur parfaite.

Ce produit, qui correspond à la formule

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CH_2 - C(NO_2) < \begin{matrix} CH_2 - N = C_5H_{10} \\ CH_2 - N = C_5H_{10}. \end{matrix}$$

constitue un corps solide, cristallin, fusible à 40°, insoluble dans l'eau, se dissolvant très bien dans l'éther et l'alcool.

Le dosage d'azote a fourni les résultats suivants :

	Substance.	N °/o trouvé.	N °/o calculé.
I. . . .	0gr,2175	13.42	13.50
II. . . .	0gr,1712	13.57	

Les produits de l'addition de une fois, soit le méthanal, soit l'éthanal, au nitro-isopentane renfermant encore un atome d'hydrogène libre fixé sur le même atome de carbone que le groupement (NO_2), jouissent également de la propriété de faire la double décomposition avec l'alcool méthylique amido-pipéridique.

De fait, lorsque l'on ajoute du nitro-isohexanol primaire ou bien du nitro-isoheptanol à ce dérivé pipéridique refroidi, une réaction peu vive s'établit; après quelque

temps, il se forme deux couches dont l'inférieure, mise sur l'acide sulfurique, dans le vide, se prend à la longue en une masse sirupeuse que je ne suis pas parvenu à faire cristalliser.

J'ai ainsi été dans l'impossibilité de vérifier par l'analyse la composition de ces dérivés qui correspondent, à n'en pas douter :

1° Pour celui formé à l'aide du nitro-isohexanol, à la formule

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CH_2 - C(NO_2) < \begin{matrix} CH_2 - N = C_5H_{10} \\ CH_2 - OH; \end{matrix}$$

2° Pour celui provenant du nitro-isoheptanol, à

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CH_2 - C(NO_2) < \begin{matrix} CH_2 - N = C_5H_{10} \\ CH \quad (OH) - CH_3. \end{matrix}$$

D. — Réduction du nitro-isopentane primaire.

L'amyl-amine $\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CH_2 - CH_2 - (NH_2)$ n'est pas une individualité chimique inconnue jusqu'ici.

Elle a été isolée depuis longtemps et l'on connaît des méthodes de préparation facile de cette amine; quoi qu'il en soit, on ne l'a pas encore obtenue par la réduction du nitro-isopentane.

MM. V. Meyer et O. Stüber, à l'époque où ils s'occupaient de la préparation de cette paraffine nitrée, disent cependant avoir tenté de réduire ce dérivé nitré lui-même, notamment en mettant en œuvre la méthode de Béchamp, le fer et l'acide acétique aqueux, mais ils n'ont pas réussi à isoler l'amyl-amine.

Ils ont simplement perçu, en saturant le liquide avec

de la potasse caustique, une odeur de base ammoniacale (*).

Ayant également entrepris des recherches dans ce sens, j'ai été plus heureux que mes devanciers, car je suis parvenu à isoler nettement l'amyl-amine.

Je me suis servi, pour réaliser cette réaction, de la méthode de réduction que j'ai déjà employée antérieurement pour l'obtention de l'isohexanol-amine primaire, à savoir : l'étain et l'acide chlorhydrique aqueux.

Le produit que j'ai recueilli bout fixe à 95° sous la pression de 764 millimètres; c'est le point d'ébullition de l'amyl-amine.

Quant aux propriétés que je lui ai reconnues, elles sont identiques à celles que l'on assigne communément à ce corps.

C'est un liquide incolore, comme tel peu soluble dans l'eau, qui s'hydrate à son contact en s'échauffant pour former un hydrate soluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, possédant l'odeur caractéristique des amines, d'une causticité extrême et brûlant avec une flamme éclairante et livide.

Sa densité à l'état liquide, à 18°, est 0.7501.

Le dosage de l'azote dans ce corps a fourni les résultats suivants :

	Substance.	N °/₀ trouvé.	N °/₀ calculé.
I. . . .	0gr,1010	15.85	16.09
II. . . .	0gr,1579	16.12	

II. — Le chlorhydrate de l'amyl-amine s'unit au chlo-

(*) *Deutsch. chem. Gesellsch.*, t. CLXXI, p. 22.

rure de platine pour former un sel jaune, soluble dans l'eau. J'y ai trouvé 33.15 °/₀ et 33.05 °/₀ de platine; la formule

$$\left[\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}> CH - CH_2 - CH_2 - NH_2HCl\right]_2 PtCl_4$$

demande 32.28 °/₀ de cet élément.

Observation sur un dérivé du nitro[1]-isohexanol secondaire.

Jusque maintenant, la classe si intéressante des acétones nitrées n'a guère été qu'entrevue par la production de la nitro-acétone (*) provenant de l'alcool nitro-isopropylique (**).

J'ai également poussé mes dernières recherches dans cet ordre d'idées. J'ai tenté l'oxydation du nitro-isohexanol 1-2

$$\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}> CH - CH_2 - CH - (OH) - CH_2 - (NO_2),$$

par le mélange chromique : bichromate potassique et acide sulfurique étendu.

Le produit que j'ai extrait par l'éther renfermait encore une certaine quantité d'alcool nitré non transformé; car, distillé sous la pression ordinaire, le thermomètre est monté graduellement de 110° à 210°, où il y avait décomposition.

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér., t. XXXVI, n° 8, pp. 149-154, 1898.

(**) *Ibid.*, 3e sér., t. XXIX, p. 834 (1895).

Cette portion, redistillée plusieurs fois avec soin, m'a fourni un corps bouillant entre 162°-175°, qui constitue un liquide légèrement coloré en jaune verdâtre, très mobile, d'une odeur excessivement piquante, provoquant le larmoiement, d'une saveur très brûlante avec un arrière-goût nauséabond, insoluble dans l'eau, se dissolvant très bien dans l'éther et l'alcool.

Il présente, d'une manière très prononcée, le caractère acide : il rougit très fortement le papier bleu de tournesol.

Par l'ensemble de ses propriétés, et notamment son odeur, son caractère acide, sa volatilité, toutes propriétés qui lui sont communes avec la nitro-acétone CH_3-CO -CH_2 (NO_2), il se distingue nettement du nitro[1]-isohexanol secondaire.

Cependant, ces caractères ne me permettent pas de témoigner avec certitude de son individualité; d'autant plus que j'ai soumis également à la distillation, sous la pression ordinaire, ce nitro[1]-isohexanol[2] et j'en ai retiré par élimination d'eau un produit bouillant entre 130°-165°, qui présente toutes les propriétés du produit de l'oxydation de l'alcool nitré. Ce composé ainsi obtenu ne s'ajoute pas au brome, car la présence de cet élément ne détermine aucun échauffement : cependant, après quelque temps, la couleur du brome a disparu. Cette masse noircit à la longue si on l'abandonne à elle-même sous l'action de la lumière.

De ces deux produits dont je viens de parler, je n'en possédais pas suffisamment pour pouvoir en faire l'analyse, mais comme ils partagent à un haut degré la propriété de faire la double décomposition avec l'alcool méthyl-amido-pipéridique $H_2C < \begin{matrix} OH \\ N- \end{matrix} C_5H_{10}$ tout en

s'échauffant fortement, j'ai pu en faire deux beaux sels, d'un jaune rougeâtre, qui cristallisent facilement.

Ce travail a été fait au laboratoire de recherches de l'Université de Louvain, sous la direction de MM. les professeurs Louis Henry et Paul Henry. C'est assez dire tout ce que je dois à ces savants maîtres. Je les prie d'agréer ici l'hommage de ma vive reconnaissance.

Louvain, le 22 octobre 1901.

COMITÉ SECRET.

La Classe se constitue en comité secret pour s'occuper de la liste de présentation des candidatures aux places vacantes. Cette liste est close.

OUVRAGES PRÉSENTÉS.

De Wildeman (*E.*). Les caféiers. Étude publiée sous les auspices de l'État Indépendant du Congo, I, 1901; in-8° (43 p.).

— Observations sur les Apocynacées à latex recueillies par M. L. Gentil dans l'État Indépendant du Congo en 1900. Bruxelles, 1901; in-8° (38 p.).

Swaen (*A.*) et *Brachet* (*A.*). Étude sur les premières phases du développement des organes dérivés du mésoblaste chez les poissons Téléostéens. Liége, 1901; extr. in-8° (116 p. et 5 pl.).

Biervliet (*J.-J. Van*). Études de psychologie : L'homme

droit et l'homme gauche. — Illusions visuelles. — Illusions de poids. — Circulation et cérébration. Gand-Paris, 1901; in-8° (201 p.).

Biervliet (*J.-J. Van*). La mémoire. Paris, 1902; in-18 (352 p.).

LIÉGE. *Société royale des sciences*. Mémoires, 3e série, tome III, 1901.

ALLEMAGNE ET AUTRICHE-HONGRIE.

Haeckel (*Ernest*). Kunstformen der Natur, 6. Lieferung. Leipzig, 1901; in-4°.

VIENNE. *Kaiserl. militär-geographisches Institut*. Arbeiten, XVII. Band. 1901, in-4°.

DARMSTADT. *Verein für Erdkunde und geologische Landesanstalt*. Notizblatt, IV. Folge, 21. Heft, 1900.

PRAGUE. *K.-K. Sternwarte*. Magnetische und meteorologische Beobachtungen, im Jahre 1900. In-4°.

KIEL. *Sternwarte*. Publication XI. In-4°.

BAMBERG. *Naturforschende Gesellschaft*. XVIII. Bericht. 1901.

LINZ. *Museum*. 59. Jahres-Bericht, 1901.

BRUNN. *Naturforschender Verein*. XVIII. Bericht der meteorologische Commission, 1900. Verhandlungen, XXXVIII, 1899.

WASHINGTON. *U.-S. Geological Survey*. Twentieth annual Report 1898-1899 (in several parts); in-4°.

— Monographs, XXXIX and XL. 1900; 2 vol. in-4°.

U.-S. Department of Agriculture. Report of the Chief of the Weather Bureau, 1899-1900; in-4°.

— *Smithsonian Institution*. Annual Report, 1899.

BALTIMORE. *Maryland geological Survey*. Eocène, 1901.

FRANCE.

Albert de Monaco (*S. A. Mgr le prince*). Résultats des campagnes scientifiques, fasc. 19 et 20 Paris, 1901; in-4°.

Gaudry (*Albert*). Sur la similitude des dents de l'homme et de quelques animaux. Paris, 1901; extr. in-8° (10 p.).

Berthelot (*Marcellin*). Les carbures d'hydrogène, 1851-1901. Recherches expérimentales, tomes I-III. Paris, 1901; 3 vol. in-8°.

Duport (*H.*). Mémoire sur la loi de l'attraction universelle. Dijon, 1901; in-8° (28 p.).

Rey-Pailhade (*J. de*). Rôle du Philothion dans le mécanisme de l'action des médicaments spéciaux de la nutrition. Paris, 1901; extr. in-18 (10 p).

OEchsner de Coninck. La chimie de l'uranium. Historique comprenant les recherches principales effectuées sur l'uranium et ses composés de 1872 à 1902, 2e édition. Paris, 1902; in-8° (27 p.).

PARIS. *Observatoire*. Atlas photographique de la Lune, 5e fascicule. 1900; cahier in-4° et atlas in-plano.

— *École polytechnique*. Journal, 5e et 6e cahiers. 1901; in-4°.

— *Bulletin scientifique de la France et de la Belgique* (Alfred Giard), tome XXXIV, 1901.

— *Académie des sciences*. Annales célestes du XVIIe siècle, par A.-G. Pingré. Ouvrage publié sous les auspices de l'Académie; par M. G. Bigourdan. Paris, 1901; in-4° (XI-628 p.).

— *Observatoire*. Rapport annuel pour 1900; in-4°.

— *Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts*. La carte photographique du Ciel. Zone + 3, feuilles 118 et 136; zone + 5, feuilles 125, 126 et 175; zone + 7, feuilles 139, 151, 165 et 166; zone + 9, feuilles 118, 135, 139, 155 et 179; zone + 22, feuilles 103 et 163; zone + 24, feuilles 92, 109, 110, 111, 113 et 133.

DOUAI. *Société d'agriculture, sciences et arts.* Célébration de son centenaire, 1899.

ANGERS. *Société industrielle et agricole.* Bulletin, 60e année, 1899.

DUNKERQUE. *Société des sciences, des lettres et des arts.* Mémoires, 1900.

ROUEN. *Académie des sciences, belles-lettres et arts.* Précis analytiques, 1901.

CAEN. *Académie des sciences, arts et belles-lettres.* Mémoires, 1900.

BORDEAUX. *Société linnéenne.* Actes, tome V. 1900.

—

Edalji (Jamshedjé). Reciprocally related figures and the property of equianharmonicity. Ahmedabad, 1901; in-8° (80 p., fig.).

LONDRES. *Royal Society.* Transactions, volumes 193, 195 and 196, 1900-1901. In-4°.

—

ITALIE.

GALILÉE. Le opere di Galileo Galilei, volume X. Florence, 1900; in-4°.

Sliatessi (D. Raffaello). Spoglio delle osservazioni sismiche dal 1° novembre 1900 al 31 luglio 1901. Mugelio, 1901; in-8° (71 p., 1 pl.).

Brioschi (Francesco). Opere matematiche, pubblicate per cura d'un comitato, tome I. Milan, 1901; in-4°.

VICENCE. *Academia olimpica.* Atti, 1899-1900, volume XXXII.

ROME. *Ministerio di agricoltura, industria e commercio.* Bollettino di notizie sul credito e sulla previdenza, anno XIX, 1901, nos 1 à 7. In-4°.

MODÈNE. *Società dei naturalisti e matematici.* Atti, 1900.

NAPLES. *R. Istituto d'incorraggiamento.* Atti, vol. I (seguito). 1900; in-4°.

— *R. Accademia delle scienze.* Atti, vol. X, 1901. In-4°.

— *Zoologische Station.* Jahresbericht für 1900.

MODÈNE. *Regia Accademia di scienze, lettere ed arti.* Memorie, serie III, volume II. 1900; in-4°.

—

PAYS-BAS.

Pekelharing (*C.-A.*) en *Zwaardemaker.* Onderzoekingen gedaan in het physiologisch laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool, 5de reeks, III, 1. 1901.

UTRECHT. *Gasthuis voor ooglijders.* Jaarverslag, nr 42, 1901.

HARLEM. *Société hollandaise des sciences.* OEuvres complètes de Christiaan Huygens, tome IX : Correspondance, 1685-1690. La Haye, 1901; in-4°.

BATAVIA. *Kon. natuurkundige Vereeniging.* Tijdschrift, deel IX. 1901.

—

PAYS DIVERS.

Tommasine (*Thomas*). Sur les phénomènes des radioconducteurs. Genève, 1901; extr. in-8° (21 p.).

Rabot (*Charles*). Les variations de longueur des glaciers dans les régions arctiques et boréales. Genève, 1900; extr. in-8° (250 p.).

GOTHEMBOURG. *Kgl. Vetenskaps Samhälle.* Handlingar, III, 1899.

TRONDHJEM. *Kongel. Norske Videnskabers Selskabs.* Skrifter, 1900.

LUXEMBOURG. *Institut grand-ducal.* Publications, t. XXVI. 1901.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1901. — N° 12.

Séance du 7 décembre 1901.

M. le lieutenant général De Tilly, directeur.

M. le chevalier Edmond Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Éd. Van Beneden, *vice-directeur;* G. Dewalque, Éd. Dupont, C. Malaise, F. Folie, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Van der Mensbrugghe, W. Spring, Louis Henry, M. Mourlon, P. Mansion, P. De Heen, C. Le Paige, F. Terby, Ch. Lagrange, J. Deruyts, Léon Fredericq, J. Neuberg, A. Lancaster, L. Errera, *membres;* Ch. de la Vallée Poussin, *associé;* A. Jorissen, M. Delacre, Pol. Francotte, F. Deruyts, Paul Pelseneer, A. Gravis, *correspondants.*

CORRESPONDANCE.

Par arrêté royal du 5 décembre 1901, M. Éd. Van Beneden, directeur de la Classe des sciences pour 1902, est nommé président de l'Académie pour ladite année.

— La Classe prend notification de la mort de l'un de ses associés de la Section des sciences naturelles, le professeur Alexandre Kowalewsky, de l'Université de Saint-Pétersbourg, décédé en la même ville, le 22 novembre.

— M. le Secrétaire perpétuel annonce que M. Henri Moissan, associé de la Section précitée, a bien voulu accepter la mission de représenter la Classe à la manifestation qui a eu lieu à la Sorbonne, le 24 novembre, en l'honneur de M. Marcellin Berthelot. M. Moissan a remis à cette occasion à l'illustre associé l'Adresse de félicitations de l'Académie.

— MM. le professeur Dr E. Haeckel, d'Iéna, associé de la Classe, le conseiller intime Dr J. Conrad, de Halle, et le professeur Dr E. Fraas, de Stuttgart, annoncent que — pour le progrès de la science et dans l'intérêt de la patrie allemande, disent-ils, — une somme de trente mille Mark, mise à leur disposition, sera consacrée à la solution de la question suivante :

Was lernen wir aus den Prinzipien der Descendenztheorie in Beziehung auf die innerpolitische Entwickelung und Gesetzgebung der Staaten?

(Que nous apprennent les principes de la théorie de la descendance, par rapport au développement politique et à la législation des États?)

Les mémoires doivent être écrits en allemand et

envoyés, avant le 31 décembre 1902, à M. le professeur Dr E. Haeckel, directeur de l'Institut zoologique d'Iéna.

— Par une dépêche en date du 5 décembre 1901, M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique écrit :

MONSIEUR LE SECRÉTAIRE PERPÉTUEL,

Déférant au désir exprimé par M. le Commandant de Gerlache dans sa lettre ci-jointe en copie, du 18 décembre 1900, j'ai fait inscrire à l'article 124 du Budget de mon Département pour l'exercice courant, une somme de 41,000 francs sous le libellé ci-après : *Création d'un prix dit de la* BELGICA *à décerner par la Classe des sciences de l'Académie royale de Belgique. Subsides à des Belges désirant entreprendre des travaux océanographiques.*

Je vous saurais grand gré, Monsieur le Secrétaire perpétuel, de vouloir bien me faire connaître *d'urgence* si l'Académie royale de Belgique accepte de créer le prix dont il s'agit, aux conditions indiquées par M. de Gerlache.

LETTRE DE M. DE GERLACHE.

Flessingue, le 18 décembre 1900.

MONSIEUR LE MINISTRE,

Ainsi que j'ai eu l'honneur de vous le mander le 8 courant, je serais heureux de voir consacrer à la création d'un prix de la *Belgica* la somme de 41,000 francs, que mes amis et moi vous prions d'accepter pour le rachat du navire.

A cette somme en sera jointe, éventuellement, une autre de 2,000 francs, que M. Robert Osterrieth vous

fera parvenir en mon nom, et qui provient de la liquidation de l'Expédition.

Le capital mis à la disposition de la Classe des sciences de l'Académie royale s'élèverait à 43,000 francs.

J'estime, Monsieur le Ministre, qu'on pourrait placer cette somme à intérêts composés jusqu'à la constitution d'un capital de 100,000 francs dont les intérêts serviraient ensuite :

1° A la création et à l'octroi d'une médaille en or dite de la *Belgica* pour les explorateurs polaires, de toutes nationalités, qui se seront livrés avec le plus de succès aux recherches sur la physique du globe et l'océanographie;

2° A subsidier les Belges désirant entreprendre des travaux océanographiques.

Veuillez agréer, Monsieur le Ministre, l'expression de ma haute considération.

La Classe renvoie ces documents à une Commission composée de MM. Brialmont, Van Beneden, Dewalque, Lagrange et Pelseneer à l'effet de lui soumettre d'urgence un rapport sur les propositions qu'ils renferment et leur acceptation par l'Académie.

— M. le Ministre des Finances et des Travaux publics envoie, pour la bibliothèque de l'Académie, un exemplaire de l'ouvrage :

Port d'Ostende. Diagrammes des variations de niveau de la mer pendant l'année 1900.

— M. le Ministre de l'Industrie et du Travail transmet, au nom de la Commission de la carte géologique de Belgique, un exemplaire de chacune des feuilles :

Léau-Rummen, Gozée-Nalinnes, Maffe-Grand-Han, Grandrieux-Beaumont, Silenrieux-Walcourt, Philippeville-

Rosée, Achène-Leignon, Sautour-Surice, Houyet-Han-sur-Lesse, Chimay-Couvin, Amberloup-Flamierge, Sainte-Marie-Sibret.

— Remerciements.

— Hommages d'ouvrages :

Sur une triple alliance naturelle, discours de M. le recteur Van der Mensbrugghe, lors de la réouverture solennelle des cours de l'Université de Gand, le 22 octobre 1901 ;

Les dernières mésaventures du point critique; par P. De Heen ;

Icones selectæ horti Thenensis. Descriptions et annotations de M. Ém. De Wildeman, tome II, offert par M. van den Bossche, de Tirlemont ;

La station géophysique d'Uccle; par Eugène Lagrange ;

Ueber den Einfluss des Milieus, insbesondere der anorganischen Substanzen auf Eigenschaften von Eiweisskörpern; von Joh. Starke. — Offert au nom de l'auteur, par M. L. Errera.

— Remerciements.

— Travaux renvoyés à l'examen :

Sur la synthèse de l'ammoniaque par l'électricité; par Alex. de Hemptinne. — Commissaires : MM. Spring et De Heen ;

Les insectes ressuscités par la chaleur, par Ernest Doudou. — Commissaire : M. F. Plateau.

ÉLECTIONS.

La Classe procède au renouvellement de sa Commission spéciale des finances pour 1902. MM. Brialmont, Crépin, De Tilly, Lancaster et Mourlon, membres sortants, sont réélus.

JUGEMENT DES CONCOURS POUR 1901.

Il est donné lecture des rapports sur les mémoires reçus pour le concours annuel et sur l'ouvrage soumis au jury chargé de décerner le Prix Lemaire.

La Classe se prononcera dans sa prochaine séance sur les conclusions de ces rapports.

RAPPORTS.

Sur les conclusions d'un rapport de M. Plateau, la Classe décide le dépôt aux archives d'une note de M. Ernest Doudou : *Influence du milieu sur l'OEdipoda coerulescens.*

— Sur l'avis favorable de M. Lagrange, le *Bulletin* renfermera une note avec tableau de M. Fiévez : *Observations des Léonides faites à Boitsfort en 1901.*

Sur les plans qui coupent en des points d'une conique un système de lignes dans l'espace; par M. Stuyvaert, professeur à l'Athénée de Gand.

Rapport de M. Neuberg, premier commissaire.

« L'objet principal de ce mémoire est le problème suivant : *Étant donné, dans l'espace, un ensemble de lignes rationnelles, respectivement d'ordres* n, n′, n″,... *et tel que* $n + n' + n'' + \cdots = 6$, *trouver la classe* μ *de l'enveloppe des plans qui coupent ces lignes en six points d'une même conique.*

L'auteur considère successivement une sextique, une quintique et une droite, une quartique et une conique, une quartique et deux droites, deux cubiques, etc. De l'examen des différents cas, il déduit la formule

$$\mu = 8 - (n - 1) - (n' - 1) - (n'' - 1) \ldots$$

Toutefois, si deux lignes du système ont δ points communs, le nombre précédent se réduit de δ unités. Quand cette réduction fait tomber le nombre à zéro, il n'y a, en général, pas de plan jouissant de la propriété énoncée; quand elle amène un nombre négatif, la propriété appartient généralement à tous les points de l'espace.

La solution synthétique du problème est fondée sur deux principes dont le second, sous sa forme générale, est dû à notre savant confrère, M. Le Paige; à savoir :

1° Si un plan coupe les lignes données en six points d'une conique Σ, toute quadrique qui passe par cinq de ces points et par quatre points arbitraires A, B, C, D contient la conique Σ; réciproquement, si une quadrique passant par A, B, C, D rencontre les lignes données en six points d'un même plan, ces six points appartiennent à une même conique, à moins que la quadrique ne se compose de deux plans;

2° Le nombre de groupes de $k + k'$ points communs à deux involutions I^k_m, $I^{k'}_{m'}$ marquées sur un même support unicursal, est égal à $C^{k'}_{m-k} . C^k_{m'-k'}$.

Pour faire ressortir l'intérêt des recherches de M. Stuyvaert, je traiterai ici, sous une forme un peu différente, le cas de trois coniques K, K', K''. Si un plan rencontre ces courbes en six points d'une même conique Σ, il passe une quadrique par K'', Σ et un point arbitraire A. Dési-

gnons par M, m, M′, m' les points et les droites où une droite donnée d et un plan quelconque π mené par d coupent respectivement les plans des coniques K, K′. Le problème proposé revient à chercher le nombre des plans π tels que les points (K, m), (K′, m'), A et la conique K″ appartiennent à une même quadrique. Or si m est fixe, les quadriques passant par K″ et par les points A, (K, m) rencontrent K′ en des quadruples de points d'une involution I_4^1; les droites menées par M′ dans le plan de K′ marquent sur K′ une involution I_4^1. Ces deux involutions, d'après le théorème de M. Le Paige, ont trois couples de points communs. Ainsi, à toute droite m correspondent trois droites menées par M′ et rencontrant K′ en deux points situés avec K″, A et les points (K, m) sur une même quadrique; désignons une telle droite par m''. Nous pourrons aussi dire qu'à toute droite m' correspondent trois droites m''. Si l'on intervertit les rôles des coniques K, K′, on voit immédiatement qu'à toute droite m'' correspondent trois droites m, et par suite trois droites m'. La correspondance (3, 3) qui lie m' et m'' admet six coïncidences donnant chacune une solution de la question à laquelle on a ramené le problème proposé. Cependant, l'une de ces coïncidences se rapporte à la quadrique composée du plan (d, A) et du plan de la conique K″; il en résulte $\mu = 5$.

M. Stuyvaert signale un grand nombre de propositions, assez curieuses, qui se déduisent de la valeur de μ. Par exemple, si l'on considère une quadrique rationnelle et une conique, on a $\mu = 4$; en prenant pour la conique le cercle imaginaire à l'infini, et en se basant sur la classe de l'enveloppe des plans tangents à une quartique et

celle de la développable enveloppe des plans osculateurs, on peut énoncer les théorèmes suivants :

Les plans qui coupent une quartique en quatre points d'une même circonférence enveloppent une surface de la 4e classe.

Les plans des cercles qui touchent une quartique et passent par deux autres points de la courbe enveloppent une développable de la 24e classe.

Il y a 20 cercles osculateurs d'une quartique qui rencontrent encore la courbe.

L'auteur esquisse, sur deux exemples, une solution analytique du problème, objet principal de son travail. Pour terminer, il entre dans quelques développements sur les plans qui coupent en des points d'une conique un système de lignes dont la somme des ordres est supérieure à 6; cette partie, bien qu'elle ne soit qu'un simple essai, a quelque mérite à cause de la difficulté du sujet.

La question traitée par M. Stuyvaert suggère d'autres recherches intéressantes. Ainsi, on peut étudier le système des coniques s'appuyant sur six droites données g_1, g_2, ... g_6; on distinguera particulièrement la série des coniques situées dans les plans menés par l'une des droites données, celle des coniques dégénérées situées dans les plans menés par une quadrisécante de quatre de ces droites, celle des coniques constituées par deux droites dont l'une s'appuie sur g_1, g_2, g_3 et l'autre sur g_4, g_5, g_6, etc.

Je propose volontiers d'insérer le travail que je viens d'analyser, dans les *Mémoires* in-8° de l'Académie. »

MM. J. Deruyts et Le Paige déclarent se rallier à ces conclusions; celles-ci sont adoptées.

—

Sur divers alcools-amines en C_4 *et en* C_5; par René Tordoir. Même travail; par Paul Stiénon.

Rapport de M. Louis Henry, premier commissaire.

« Les travaux présentés par MM. Tordoir et Stiénon sont du même genre et, plus encore, se complètent mutuellement. A ce titre, ils me semblent devoir être l'objet d'un rapport unique et commun.

C'est un problème intéressant que celui de l'influence exercée sur la volatilité de la molécule totale, dans les composés polyatomiques mixtes renfermant le système XC - CX′, par la transposition des radicaux fonctionnels divers X et X′, alors que tout n'est pas identique quant aux éléments ou groupements d'éléments fixés en même temps sur les atomes de carbone $>C - C<$ directement unis.

Ce problème se pose notamment dans les *amines-alcools* renfermant le système mixte $(H_2N)C - C(OH)$, que l'on peut dériver des alcools nitrés correspondants, produits de la condensation des aldéhydes aliphatiques avec les nitro-paraffines.

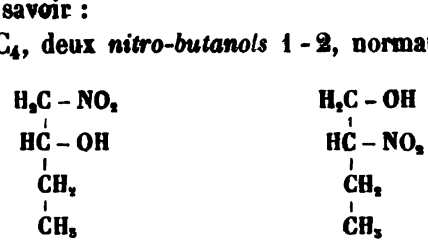
C'est dans le but de résoudre ce problème dans ce cas particulier ou du moins d'apporter des éléments pour en préparer la solution, que j'ai confié, l'an dernier, à deux de mes élèves, la tâche de préparer et d'étudier les *amines-alcools* en C_4 et en C_5, que l'on peut rattacher par des liens synthétiques au *propanal* $CH_3 - CH_2 - CHO$ d'une part et au *nitro-propane* primaire $CH_3 - CH_2 - CH_2(NO_2)$ d'autre part.

M. Tordoir s'est occupé des dérivés qui ont leur point de départ dans le *propanal;* il en a déterminé la conden-

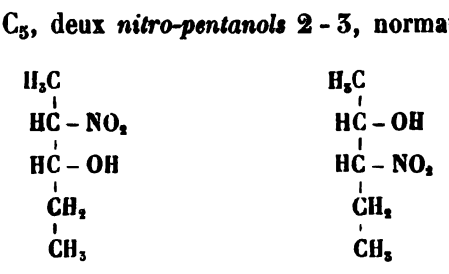
sation avec le *nitro-méthane* $H_3C(NO_2)$ et le *nitro-éthane* $H_3C-CH_2(NO_2)$. M. Stiénon s'est occupé de son côté des dérivés du *nitro-propane* primaire qu'il a condensé avec le *méthanal* $H_2C=O$ et l'*éthanal* H_3C-CHO.

Il résulte de là deux séries d'alcools, isomères deux à deux, à savoir :

a) En C_4, deux *nitro-butanols* 1 - 2, normaux,



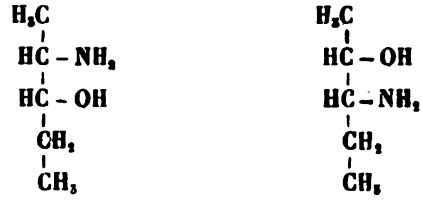
b) En C_5, deux *nitro-pentanols* 2 - 3, normaux,



Ces quatre corps étaient déjà connus. Leur réduction, par voie d'hydrogénation, devait fournir deux séries d'*alcools-amines* correspondants, également isomères deux à deux, à savoir :

a) En C_4, deux *butanols-amines* normaux 1 - 2,

b) En C_5, deux *pentanols-amines* normaux, bi-secondaires 2 - 3,



C'est l'œuvre qu'ont réalisée, non sans difficultés, MM. Tordoir et Stiénon.

Ces quatre alcools-amines sont des liquides incolores, à odeur de marée, assez peu solubles dans l'eau. Leur point d'ébullition est à peu de chose près le même, vers 172°-174°, sous la pression ordinaire.

Quoique MM. Tordoir et Stiénon décrivent encore certains dérivés des produits qu'ils ont obtenus, je ne relèverai de leur notice que ce seul point : la volatilité à peu de chose près identique des divers termes de ces deux séries d'alcools amidés isomères.

Le problème posé paraît donc devoir être résolu négativement : la transposition des radicaux -OH et $-NH_2$ dans le système non symétrique $>C-C<$ n'influe pas, du moins d'une manière bien sensible, sur le point d'ébullition de la molécule totale.

Du rapprochement que l'on peut faire entre les corps mis au jour par MM. Tordoir et Stiénon et d'autres alcools-amines déjà connus, notamment l'éthanol-amine $(HO)CH_2-CH_2(NH_2)$ de Knorr, l'*isopropanol-amine* de M. E. Peeters $CH_3-CH(OH)-CH_2(NH_2)$, la *butanol-amine* bi-secondaire et normale $CH_3-CH(OH)-CH(NH_2)-CH_3$

que j'ai moi-même signalée, etc., j'aurais à tirer certaines conclusions qui me paraissent intéressantes au point de vue de la question générale de la volatilité dans les composés carbonés. J'ajourne le moment de les formuler à plus tard, me proposant de présenter à l'Académie un travail d'ensemble sur les alcools-amines provenant de la réduction des alcools nitrés.

Les recherches de MM. Tordoir et Stiénon ont été entreprises dans le but de satisfaire aux exigences de la loi de 1890, en ce qui concerne le doctorat en sciences chimiques; j'en ai été le témoin et je sais tout ce qu'elles ont coûté de temps et de patients efforts. J'en suis d'autant plus autorisé à regretter qu'elles n'aient pas abouti, celles de M. Stiénon surtout, à des résultats plus complets. Il en est souvent ainsi alors que l'on opère sur des corps relativement difficiles à obtenir et que ne fournit pas encore le commerce, aujourd'hui si développé, des produits chimiques scientifiques. Quoi qu'il en soit, tels qu'ils sont et dans leur état actuel, ces travaux s'ajoutent avec avantage à d'autres que l'Académie a précédemment accueillis; tous ensemble ils constituent des essais fructueux de défrichement d'une région encore peu explorée du vaste empire du carbone.

J'ai l'honneur de proposer à la Classe d'insérer dans son *Bulletin* les notices de MM. Tordoir et Stiénon. »

M. Spring, second commissaire, déclare se rallier bien volontiers, dit-il, aux conclusions du rapport de M. Henry.

La Classe décide en conséquence l'impression au *Bulletin* des notices de MM. Tordoir et Stiénon.

—

Technique de la cryoscopie du sang; par le Dr P. Nolf.

Rapport de M. Léon Fredericq, premier commissaire.

« L'auteur a recherché la cause des différences que présentent les valeurs de *tension osmotique* du sang d'une *même* espèce animale, déterminées au moyen de la *méthode cryoscopique* par *différents* expérimentateurs. La principale cause de ces variations, c'est la teneur en *acide carbonique* du sang, teneur qui varie considérablement suivant les conditions dans lesquelles le sang a été recueilli. La défibrination par le battage à l'air appauvrit le sang en acide carbonique; la coagulation à l'abri de l'air et la conservation en vase clos l'enrichissent en acide carbonique. Dans le second cas, le point de congélation est plus bas de 0°,02 que dans le premier. L'auteur recommande d'éviter la coagulation, en recevant le sang directement, au sortir de l'artère ou de la veine, dans le tube refroidi au préalable de l'appareil de Beckman. Il obtient dans ce cas une valeur intermédiaire à celle du sang coagulé en vase clos et à celle du sang défibriné à l'air.

Il décrit les précautions minutieuses qui permettent de déterminer l'abaissement du point de congélation Δ à 0°,005 près.

Il montre par quel mécanisme l'adjonction de CO^2 augmente inégalement la concentration moléculaire du plasma et des globules, et les différences énormes dans les valeurs de Δ que produit la saturation par CO^2 soit du sang en entier ($\Delta = -0°,720$ au lieu de $-0°,596$),

soit du sérum ($\Delta = -0^{\circ},690$) ou des globules isolés ($\Delta = -0^{\circ},738$) au préalable, ainsi que les variations de valeur de Δ que l'on obtient si, après avoir saturé le sang de CO^2 ($\Delta = 0^{\circ},720$), on agite ensuite isolément à l'air les globules ($\Delta = -0^{\circ},605$) et le sérum ($\Delta = -0^{\circ},668$).

J'ai l'honneur de proposer à la Classe d'insérer l'intéressante note de M. Nolf dans le *Bulletin* de la séance et de voter des remerciements à l'auteur. »

M. Masius déclare se rallier aux conclusions de ce rapport. Conséquemment, la note de M. Nolf paraîtra au *Bulletin*.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

M. Louis Henry donne lecture d'une note *Sur le prix actuel des composés éthyléniques*.

— M. W. Spring donne lecture d'une communication *Sur la cause de la diminution de densité qu'éprouvent certains corps à la suite d'une forte compression*.

A la demande de M. Spring, cette communication sera déposée dans les archives, comme pli ouvert, jusqu'au moment où il en demandera l'impression au *Bulletin*.

Action d'un courant gazeux sur le souffle qui détermine les ombres électriques et le nouveau fluide; par P. De Heen, membre de l'Académie.

Nous avons vu dans de précédentes notes comment, à l'aide d'un plateau électrisé, on produisait l'ombre d'un objet placé en avant de celui-ci et comment on obtenait les figures de projection (1).

M. Weber, en répétant nos expériences, a eu l'ingénieuse idée de se demander si le souffle d'un gaz sortant d'une tuyère ne modifiait pas la forme de ces figures (2). Ce physicien a effectivement constaté une déformation, mais il est difficile de se rendre compte, d'après ce travail, si le souffle sortant de la tuyère n'agit pas directement sur l'électricité répandue sur le plateau, ou bien si ce souffle agit uniquement, dans le milieu ambiant, sur l'émanation qui détermine la production de la figure.

Afin de nous assurer si le souffle d'un gaz n'atteignant pas le plateau de résine électrisé était capable de déformer les figures géométriques, nous avons exécuté les expériences suivantes : en P se trouve le plateau de résine électrisé, en *e* un petit écran métallique formé d'une lame verticale, en *t* une tuyère plate mise en communication avec un cylindre renfermant de l'anhydride carbonique (cylindres que l'on trouve dans le commerce),

---

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique,* 3e sér., t. XXX, voir p. 188.

(2) *Annalen der Physik,* t. VI, p. 96, 1891.

en *f* la flamme d'un brûleur de Bunsen, ou une pointe *placée verticalement* mise en communication avec l'un des pôles d'une forte bobine. On place la pointe verticalement afin d'éviter l'intervention du vent électrique bien connu.

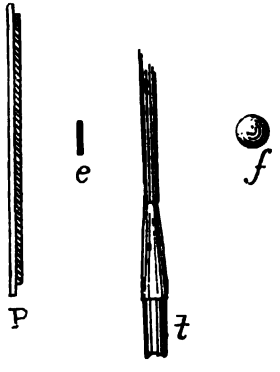


Fig. 1.

Cela étant, on remarque qu'en faisant usage de la flamme, on obtient un trait parfaitement rectiligne en trente secondes de temps, mais cette ombre disparaît complètement si pendant ce temps la tuyère a été mise en marche. *Le mouvement de l'émanation venant de la flamme a donc été troublé.*

Si nous remplaçons la flamme par l'aigrette, nous remarquons encore le trouble produit par le souffle, bien que cette émanation semble offrir une résistance plus grande à cette action que l'émanation de la flamme.

Dans ces conditions, l'émanation *e* partant de la pointe *p* (fig. 2) s'incurve sous l'action du souffle de la tuyère,

ainsi que la figure l'indique, et au lieu d'obtenir un trait rectiligne en *o*, on obtient une ligne tout à fait irrégulière en *o'*.

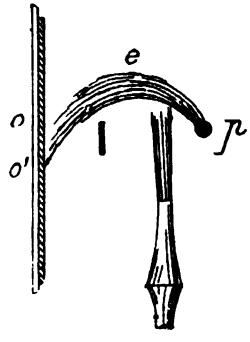


Fig. 2.

La même expérience répétée avec les rayons X ne produit aucune déviation du trait.

A première vue, on serait tenté d'admettre que dans ce cas l'émanation n'est pas influencée par le souffle; cependant, il n'en est rien, car si l'on détermine le souffle entre l'écran et le plateau, le résultat est le même que dans les cas précédents : on obtient la disparition de l'ombre. Il faut donc admettre que dans l'expérience de la figure 1 faite avec les rayons X, l'émanation qui produit la figure prend naissance entre la tuyère et le plateau, par suite du passage de ces rayons.

Il résulte de l'ensemble de ces expériences que l'émanation produite par presque tous les foyers d'ébranlement de l'éther, laquelle, en s'étalant sur un diélectrique,

constitue le fluide nouveau, est d'une nature plus matérielle, ou mieux, formée d'une substance moins raffinée que les rayons X. Cette émanation est absolument comparable aux rayons cathodiques; comme eux, elle se propage avec une vitesse relativement grande, car un électroscope placé à 2 mètres d'une aigrette est atteint instantanément. Comme ces rayons, cette émanation subit l'action directe d'une *substance matérielle tangible,* et, dans le cas d'une étincelle, elle émane de la cathode.

Si donc nous admettons, avec presque tous les physiciens, que sous l'action des foyers d'ébranlement de l'éther il se développe une ionisation plus ou moins avancée, nous pouvons admettre que ces ions sont projetés par la source, de même que dans les tubes à vide les ions sont projetés par la cathode. Mais on peut se demander si la projection est produite par la source ou bien si elle est le résultat de l'action attractive du plateau électrisé. Mais contrairement à ce qui se passe pour les rayons cathodiques, ces émanations paraissent insensibles à l'action de l'aimant.

—

Nouvelle contribution à l'étude de l'asymétrie sensorielle; par J.-J. Van Biervliet, professeur à l'Université de Gand.

Dans mon premier travail, paru dans le *Bulletin* de l'Académie, je concluais que le nombre des sujets gauchers est beaucoup plus considérable qu'on ne le croit communément; je disais que pour ma part, sans chercher, j'avais trouvé vingt-deux gauchers sur cent sujets. Cette

conclusion n'est pas absolument exacte, comme mes travaux sur les ambidextres le démontrent; elle n'est point non plus tout à fait fausse, parce que, comme on le verra, l'ambidextre est, au point de vue de la sensibilité, un véritable gaucher. Enfin, l'erreur que j'ai commise, pour autant que ce soit une erreur, était inévitable, étant donnée ma première façon de procéder, qui consistait à ne mesurer que l'acuité des nerfs sensoriels seuls.

Au sens strict du mot, l'ambidextre n'existe pas.

M. E. Rollet croit qu'il n'existe pas de sujets ayant les deux membres supérieurs, par exemple, rigoureusement égaux.

Toutefois, l'immense majorité des anthropologistes admettent l'existence de trois types : droitiers, gauchers et ambidextres.

Qu'est-ce qu'un ambidextre? Ou plutôt en quoi diffère-t-il du droitier et du gaucher?

Examinons-le au point de vue de la conformation générale et au point de vue de l'acuité des nerfs sensitifs.

Au point de vue anatomique, le droitier se distingue par un développement prépondérant du tronc et des membres du côté droit, ou mieux, pour ne pas sortir des données absolument admises par tout le monde, le membre supérieur droit est, chez le droitier, plus fort que le gauche; c'est-à-dire que le pourtour, pris à droite et à gauche au même niveau de chaque membre, l'emporte du côté droit chez le droitier, du côté gauche chez le gaucher. Cette différence est considérable, comme le prouve le tableau ci-dessous.

Circonférence du bras prise à 5 centimètres au-dessus

du pli du coude, les bras pendant inertes le long du corps.

Sujets droitiers.	Bras droit.	Bras gauche.	Différences en faveur du bras droit.
—	—	—	—
	Centimètres.	Centimètres.	Centimètres.
MM. V. de H.	25,2	23,2	2
Dr W.	26,9	25,2	1,7
C.	25,9	24,9	1
M.	24,5	23,2	1,3
Ca.	25,1	24	1,1
V.	24,6	23,5	1,1

Sujets gauchers.	Bras gauche.	Bras droit.	Différences en faveur du bras gauche.
—	—	—	—
	Centimètres.	Centimètres.	Centimètres.
MM. C.	22,9	21,9	1
Ver.	26,7	25,8	0,9

On appellera ambidextres les sujets chez lesquels les deux bras auront au même niveau un pourtour égal. J'ai rencontré trois personnes adultes et deux enfants de 11 à 12 ans et demi qui ont les deux bras égaux.

Sujets ambidextres.	Bras droit.	Bras gauche.	Différences.
—	—	—	—
	Centimètres.	Centimètres.	Centimètres.
MM. St.	25,1	25,1	0
L. (père)	27,8	27,8	0
D. E.	23,5	23,5	0
G.	18	18	0
J.	15,3	15,3	0

Tous ces sujets sont, au point de vue de l'acuité des nerfs sensitifs, nettement gauchers.

Mais à côté de ces ambidextres incontestables s'en trouve une seconde catégorie fort intéressante, dont je n'ai rencontré que deux spécimens : ces sujets sont absolument gauchers au point de vue de la sensibilité; les nerfs optiques, acoustiques et tactiles sont plus affinés du côté gauche, mais ils présentent une légère supériorité de développement du membre supérieur droit. Voici les chiffres :

Sujets ambidextres.	Bras droit.	Bras gauche.	Différences en faveur du bras droit.
—	—	—	—
	Centimètres.	Centimètres.	Centimètres.
MM L. (fils)	25,7	25,2	0,5
T.	21,7	21,3	0,4

On voit immédiatement que la supériorité de développement du membre supérieur droit est beaucoup moins considérable que chez les droitiers.

D'un autre côté, ils ont le système nerveux sensitif plus affiné à gauche. Ce ne sont ni des droitiers, puisqu'ils voient, entendent et sentent mieux du côté gauche, ni des gauchers, puisqu'ils ont le membre supérieur droit plus développé que le gauche. Ce sont des ambidextres, imparfaits, mais des ambidextres.

La célèbre Vénus de Milo a, comme on sait, la figure plus développée d'un côté que de l'autre : l'œil gauche est placé plus haut que le droit, l'oreille gauche plus haut et plus loin de la racine du nez que l'oreille droite. Henke en avait conclu que ce chef-d'œuvre n'est pas sans défaut, mais Hasse (1), au moyen d'une série de mensu-

(1) C. Hasse, *Ueber Gesichtsasymmetrien*, dans Archiv für Anatomie und Physiologie. Anatomische Abtheilung. Leipzig. 1887.

rations de têtes de types reconnus généralement comme beaux, établit que tout homme a les os de la tête inégalement développés des deux côtés : il admettait que le degré d'asymétrie de la Vénus de Milo est exactement celui de l'asymétrie normale chez l'homme. Je n'ai pu, faute d'un outillage suffisant, refaire le travail de Hasse, avec une précision assez grande pour donner, à $^1/_2$ millimètre près, la différence de niveau des deux orbites et des deux conduits auditifs externes. J'ai mesuré aussi exactement que possible la distance entre la moitié de la racine du nez et le rebord antérieur du conduit auditif droit et gauche pris chacun au même point.

Or, voici les différences que l'on constate à ce point de vue entre les droitiers, les gauchers et les ambidextres.

Distance du milieu de la racine du nez au bord antérieur des conduits auditifs externes :

Sujets droitiers.	Côté droit.	Côté gauche.	Différences en faveur du côté gauche.
—	—	—	—
	Centimètres.	Centimètres.	Centimètres.
MM. V. de H	14,1	14,4	0,3
C.	14,5	14,8	0,3
M.	14,2	14,4	0,2
Ca.	14,3	14,6	0,3
V.	14,2	14,4	0,2

Sujets gauchers.	Côté droit.	Côté gauche.	Différences en faveur du côté droit.
—	—	—	—
	Centimètres.	Centimètres.	Centimètres.
MM. Co.	14,5	14,1	0,4
Ver.	15	14,8	0,2

Mes ambidextres se divisent encore en deux catégories. Cinq d'entre eux ont les conduits auditifs droit et gauche également écartés du milieu de la racine du nez.

Noms des ambidextres.	Côté droit.	Côté gauche.	Différences.
—	—	—	—
	Centimètres.	Centimètres.	Centimètres.
MM. T.	14,2	14,2	0
L. (père)	14,8	14,8	0
D. R.	13,3	13,3	0
G.	12,5	12,5	0
S.	12,4	12,4	0

Deux autres ambidextres ont la structure des gauchers.

Noms des sujets.	Côté droit.	Côté gauche.	Différences en faveur du côté droit.
—	—	—	—
	Centimètres.	Centimètres.	Centimètres.
MM. L. (fils)	14,8	14,5	0,3
St.	14,5	14,2	0,3

Une remarque très importante : M. L. (fils) est ambidextre avec prédominance légère du bras droit, ce qui le rapproche des droitiers, et prédominance de largeur de la face du côté droit, ce qui le rapproche des gauchers.

M. St. a la structure faciale du gaucher, mais les circonférences des deux bras sont égales comme chez les ambidextres réguliers.

Le peu de mensurations et d'observations que j'ai pu faire suffisent néanmoins pour me persuader que l'affirmation de Hasse était beaucoup trop absolue. Lui-même

a eu affaire à un type que je classerais parmi les gauchers; mais son attention n'était pas attirée sur ce point.

Ci-joint trois photographies, l'une d'un droitier, la seconde d'un gaucher, la troisième d'un ambidextre (enfant de 12 ans).

On voit d'emblée les principales différences de structure : chez le droitier la demi-tête gauche, chez le gaucher la demi-tête droite est plus développée en hauteur et en largeur.

Chez l'ambidextre, l'asymétrie est beaucoup moins marquée.

Les sujets, avant d'être photographiés, ont subi une préparation : on enfonçait dans les conduits auditifs une tige de bois entourée d'une mince couche d'ouate; l'extrémité antérieure de la tige porte une tête d'épingle en cuivre doré. Les deux points brillants que l'on distingue sur la photographie correspondent aux axes des conduits auditifs.

On a marqué à l'encre noire, chez chaque sujet, le milieu de la racine du nez et le milieu du feston de la lèvre supérieure; de là, sur la photographie deux taches. On fait par ces deux points passer une verticale.

Perpendiculairement à cette verticale, on mène les horizontales qui passent par l'axe des conduits auditifs et le point le plus bas du bord de chaque paupière inférieure.

Tous mes sujets ambidextres se comportent au point de vue de l'asymétrie sensorielle exactement comme les gauchers. Un examen rapide permet de constater immédiatement chez eux l'acuité prépondérante des nerfs sensitifs gauches.

D'ailleurs, MM. Toulouse et Vaschide, dans leurs

études sur l'asymétrie sensorielle olfactive, ont constaté également que les ambidextres sont asymétriques comme les gauchers (1).

Les ambidextres ont donc une sensibilité plus grande des nerfs gauches; mais le rapport entre l'acuité de leurs nerfs gauches et droits est-il le même que chez les gauchers?

Ce point très important a fait l'objet d'une série de recherches que j'ai essayé de conduire avec la plus grande rigueur.

J'ai examiné plusieurs ambidextres, mais je n'en ai soumis que trois à la série complète des mensurations; ils ont fait toutes les expériences en même temps qu'un gaucher servant de témoin.

J'ai mesuré la sensibilité visuelle tactile et musculaire, parce que l'acuité de ces organes des sens est la plus facile à déterminer avec précision.

Voici le détail des expériences.

I. — *Acuité des nerfs optiques.*

Mon savant collègue M. Van Duyse, avec une complaisance dont je lui suis vivement reconnaissant, a minutieusement examiné, chez tous mes sujets, chacun des yeux.

J'ai pu, sur ses indications, corriger les déformations, de manière à n'avoir plus qu'à comparer la sensibilité de la rétine de l'œil droit à celle de l'œil gauche.

J'ai fait toutes mes expériences à la même heure, le

---

(1) MM. Toulouse et Vaschide, *L'asymétrie sensorielle olfactive.* (Revue philosophique, février 1900.)

matin avant que le sujet se fût livré à aucun travail. J'avais remarqué que j'obtenais parfois chez certains sujets des résultats différents : ainsi, par exemple, M. X., qui donnait comme résultats : sensibilité de l'œil gauche comparée à celle de l'œil droit, $^1/_9$ exactement, donnait, certain jour, le rapport $^1/_{10}$ environ. J'avais cru à un manque d'attention de la part du sujet; en examinant les chiffres obtenus, je constatai qu'ils étaient tous très concordants. L'attention était donc parfaite. A force de réfléchir, je finis par soupçonner la cause de ces anomalies. Elles se produisaient chaque fois que je faisais mes expériences un peu tard dans la matinée. Les sujets arrivaient au laboratoire après avoir suivi deux ou trois cours. Ils avaient écrit beaucoup et, par conséquent, regardé longtemps. Or, comme je l'ai déjà établi ailleurs (1), si nous voyons avec les deux yeux, nous *regardons* avec un seul, le meilleur; mes sujets, après deux ou trois heures de leçons, avaient un œil, le meilleur, plus fatigué que l'autre. Au laboratoire, les expériences mesuraient l'acuité de l'œil le moins sensible, mais le moins fatigué, et celle de l'œil plus sensible, mais plus fatigué : l'acuité de ce dernier paraissait moindre qu'elle ne l'était à l'état normal, et le rapport $^1/_9$ diminuait jusqu'à devenir $^1/_{10}$ ou moins encore.

Toutes les expériences ont été faites dans la chambre noire. Au fond de celle-ci, on faisait surgir, toujours au même endroit, des cartons blancs portant un carré ouvert en haut ou en bas, ou à droite ou à gauche. Les

---

(1) J.-J. Van Biervliet, *L'homme droit et l'homme gauche*. Études de psychologie. Paris, Alcan, 1901.

carrés de mes tests avaient 5 millimètres, l'épaisseur des côtés était de 1 millimètre.

Les tests étaient présentés dans un ordre différent à chaque série d'expériences; mais chacune des quatre formes a été montrée un même nombre de fois au total.

Les sujets portaient une monture de lunettes; on plaçait un écran en métal noirci devant l'œil qui ne devait pas regarder, et un verre correcteur, s'il y avait lieu, devant l'œil dont on mesurait l'acuité. Une bande de toile terminée par une corde maintenait la tête du sujet. La corde était passée dans un anneau fixé à l'autre bout de la chambre noire. Au début de l'expérience, le sujet est placé contre le fond. A mesure qu'il avance de la longueur de $^1/_2$ pied à la fois pour se rapprocher du test, il tire sur la corde. Mon préparateur maintenait la corde, et au moment où le sujet voyait le test, on marquait la longueur de celle-ci. Cette longueur était ajoutée au diamètre antéro-postérieur de la tête, et la somme déduite de la longueur totale de la chambre noire (du test au fond opposé). On mesurait ainsi exactement la distance à laquelle l'œil reconnaissait le test.

Chacun sait que l'œil devient rapidement plus sensible quand il est demeuré quelque temps dans l'obscurité.

Il faut donc, pour comparer l'acuité des deux rétines, laisser chaque œil exactement le même temps dans l'obscurité.

Pour atteindre ce résultat, j'ai fait toutes mes expériences avec un métronome battant la seconde.

Le sujet est introduit dans la chambre noire. Il compte les battements du métronome de un jusqu'à trente.

Au trentième coup, je le préviens; au trente-deuxième, je dresse brusquement le test; au trente-quatrième, j'abaisse celui-ci; au trente-huitième coup, après quatre secondes de repos, je le préviens de nouveau; au quarantième, je redresse le test; au quarante-deuxième, je l'abaisse, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'il reconnaisse le dessin présenté.

Pendant les quatre secondes de repos, il avance chaque fois de la longueur de $^1/_2$ pied à la fois.

Quand le sujet a fait, en regardant avec l'œil droit, par exemple, une première série d'expériences, il quitte la chambre noire, se débarrasse de ses lunettes et demeure un temps convenable dans la pièce principale du laboratoire.

Voici les résultats obtenus pour l'œil droit :

Noms des sujets ambidextres.	Distances de l'œil au test.	Variations moyennes.
—	—	—
	Mètres.	Centimètres.
MM. De M.	3,98	11
T.	3,85	10
R.	2,76	5,5

Nom du sujet gaucher.	Distance de l'œil au test.	Variation moyenne.
—	—	—
	Mètres.	Centimètres.
M. V. H.	3,74	8

Pour l'œil gauche :

Noms des sujets ambidextres.	Distances de l'œil au test.	Variations moyennes.
—	—	—
	Mètres.	Centimètres.
MM. De M.	4,35	5
T.	4,205	4,3
R.	3,06	3

Nom du sujet gaucher.	Distance de l'œil au test.	Variation moyenne.
---	—	—
	Mètres.	Centimètres.
M. V. H.	4,13	6

Rapport entre l'acuité du nerf optique gauche et celle de nerf optique droit :

Noms des sujets ambidextres.	
—	
MM. De M.	4.35 à 5.98, soit 10 à 9.15
T.	4.20 à 3.85, soit 10 à 9.15
R.	3.06 à 2.76, soit 10 à 9.02

Nom du sujet gaucher.	
--	
M. V. H.	4.13 à 3.74, soit 10 à 9.05

Dans mon premier mémoire sur l'asymétrie sensorielle (1), j'avais donné comme moyenne de l'acuité des deux yeux chez les gauchers, pour l'œil *gauche* 10, pour l'œil *droit* 9.04.

On voit que le degré d'asymétrie des nerfs optiques chez les ambidextres est le même que chez les gauchers. Je dis le même, parce que le rapport 10 à 9 n'est exact que dans certaines limites.

J'y reviendrai dans ma conclusion.

---

(1) *Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, 3e sér., t. XXXIV, 1897.

II. — *Acuité des nerfs du toucher.*

J'ai fait, au moyen de l'esthésiomètre, vingt-quatre séries d'expériences sur chaque sujet : douze séries descendantes (les deux pointes de l'esthésiomètre étant d'abord distantes) et douze séries ascendantes (les pointes rapprochées produisant une sensation très nette de contact unique). Dans les premières séries, j'ai rapproché les pointes de 1 millimètre à la fois jusqu'à sensation de contact unique; dans les séries ascendantes, j'ai écarté les pointes de 1 millimètre à la fois jusqu'à sensation de double contact.

Mes chiffres expriment l'écartement maximum, donnant encore ou déjà la sensation du contact unique.

J'ai produit les contacts au niveau du pli du coude. Le sujet repliait l'avant-bras sur le bras; je passais la pointe d'un crayon bleu dans le pli; puis le bras était remis dans sa position naturelle, pendant le long du corps. Les pointes de l'esthésiomètre étaient appliquées sur la ligne bleue, à égale distance d'un point de repère.

Voici les résultats :

Noms des sujets ambidextres.	Pli du coude droit.	Variations moyennes.
—	—	—
	Millimètres.	Millimètre.
MM D. M.	32	1
T.	34	1,5
R.	24,1	0,9

Nom du sujet gaucher.	Pli du coude droit.	Variation moyenne.
—	—	—
	Millimètres.	Millimètre.
M. V. H.	25	1,2

Noms des sujets ambidextres.	Pli du coude gauche.	Variations moyennes.
—	—	—
	Millimètres.	Millimètre.
MM. D. M	29	1
T.	30,7	1,3
R.	21,7	0,9

Nom du sujet gaucher.	Pli du coude gauche.	Variation moyenne.
—	—	—
	Millimètres.	Millimètre.
M. V. H.	22,7	1,4

Rapport entre la sensibilité au toucher du côté gauche et celle du côté droit :

Noms des sujets ambidextres.	
—	
MM. D. M.	Si la sensibilité du côté gauche est 10, celle du côté droit est 9.006
T.	— — — 10, — — 9.03
R.	— — — 10, — — 9.004

Nom du sujet gaucher.	
—	
M. V. H.	Si la sensibilité du côté gauche est 10, celle du côté droit est 9.08

III. — *Acuité du sens musculaire.*

Pour mesurer l'acuité du sens musculaire, j'ai opéré comme suit : Un poids de 1 kilogramme est suspendu à un fil métallique revêtu de coton et terminé par un anneau, de façon à produire sur les doigts un contact linéaire. Le sujet devait discerner le poids le plus faible,

immédiatement supérieur. Chaque sujet a fait vingt-quatre séries de pesées : douze ascendantes, douze descendantes.

Les poids comparés à l'étalon étaient augmentés ou diminués de 2 grammes à la fois. Résultats :

Pour la main droite :

Noms des sujets ambidextres.	Poids le plus fort déclaré égal à l'étalon.	Variations moyennes.
—	—	—
	Grammes.	Grammes.
MM De M.	1031	3
T.	1017,6	0,7
R.	1031	2,1

Nom du sujet gaucher.	Poids le plus fort déclaré égal à l'étalon.	Variation moyenne.
—	—	—
	Grammes.	Grammes.
M. V. H.	1022	1

Pour la main gauche :

Noms des sujets ambidextres.	Poids le plus fort déclaré égal à l'étalon.	Variations moyennes.
—	—	—
	Grammes.	Grammes.
MM. De M.	1028	3
T.	1015,6	0,6
R	1027	2,3

Nom du sujet gaucher.	Poids le plus fort déclaré égal à l'étalon.	Variation moyenne.
—	—	—
	Grammes.	Grammes.
M. V. H.	1020	0,5

Rapport entre l'acuité du sens musculaire à gauche et à droite :

Noms des sujets ambidextres.

—

MM. D. M. Si la sensibilité du côté gauche est 10, celle du côté droit est 9.03
T. — — — 10, — — 8.87
R. — — — 10, — — 8.71

Nom du sujet gaucher.

—

M. V. H. Si la sensibilité du côté gauche est 10, celle du côté droit est 9.09

Conclusion.

Les ambidextres semblent, au point de vue du développement du système nerveux sensitif, absolument semblables aux gauchers. Comme chez ces derniers, les nerfs sensitifs du côté gauche l'emportent de $^1/_9$ *environ* sur les nerfs correspondants du côté droit.

Un mot sur la valeur de ce rapport tant chez les droitiers que chez les gauchers et chez les ambidextres. Les fractions que j'ai obtenues dans mes nombreuses mensurations sont tantôt légèrement au-dessous, tantôt un peu au-dessus de $^1/_9$. Si j'opérais dans des conditions plus rigoureuses encore, ou sur un nombre plus considérable de sujets, obtiendrais-je toujours le rapport 10 à 9 *exactement?*

A priori, je pense que non. Je ne crois pas que l'homme soit construit d'après une formule mathématique.

Même ce que l'on appelle le type normal est, somme toute, plus ou moins un schéma. Je crois donc que le rapport 10 à 9 est simplement celui qui se rapproche le plus de la réalité.

—

J.-J. Van Biervliet, *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*
(Classe des sciences), nº 12, 1901.

Pl. I.

Pl. II.

Pl. III.

Sur divers alcools-amines en C_4 *et en* C_5; par René Tordoir, docteur en sciences.

L'an dernier, M. Edgar Peeters a fait connaître l'*iso-propanol-amine* $H_3C - CH(OH) - CH_2(NH_2)$ (*).

J'ai reçu cette année, de M. le professeur Louis Henry, la tâche de préparer et d'étudier les amines-alcools que l'on peut rattacher au *propanal* $CH_3 - CH_2 - CHO$. J'ai dû, faute de temps, me borner à l'étude des deux plus simples parmi les composés possibles de cette espèce, à savoir :

1° La *butanol-amine normale* 1-2 :

$$CH_3 - CH_2 - CH(OH) - CH_2(NH_2);$$

2° La *pentanol-amine normale* bi-secondaire 2-3 :

$$CH_3 - CH_2 - CH(OH) - CH(NH_2) - CH_3.$$

Ces deux corps ont été obtenus par la réduction des alcools nitrés correspondants : le *nitro-butanol normal secondaire* $CH_3 - CH_2 - CH(OH) - CH_2(NO_2)$ et le *nitro-pentanol normal bi-secondaire* $CH_3 - CH_2 - CH(OH) - CH(NO_2) - CH_3$.

Ces deux alcools nitrés résultent, comme on sait, de la condensation du *propanal* $H_3C - CH_2 - CHO$ avec le *nitro-méthane* $CH_3(NO_2)$ et le *nitro-éthane* $CH_3 - CH_2(NO_2)$.

J'ai suivi, pour les obtenir, les indications consignées dans les mémoires de M. Louis Henry (**).

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), n° 1, p. 9, 1901.

(**) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, t. XXXII (3), p. 20, etc., 1896, et t. XXXIII (3), p. 418 (1897).

Je n'ai rien à ajouter à la description qu'a faite de ces composés mon savant maître, sinon que le *nitro-butanol normal secondaire* $CH_3 - CH_2 - CH(OH) - CH_2(NO_2)$ bout, sous la pression de 767 millimètres, à 204°, en subissant toutefois une fort légère décomposition.

Ainsi qu'on l'a déjà fait observer, il est utile, au point de vue de la purification du produit, de saturer par quelques gouttes d'acide chlorhydrique étendu le produit brut de la réaction des dérivés nitrés sur le propanal, auxquels il a fallu ajouter, en guise d'amorce, un fragment de potasse caustique ou de carbonate potassique.

La distillation du produit nitré brut, restant après expulsion de l'éther, est beaucoup plus aisée et plus nette en l'absence de tout sel à métal alcalin.

Amino-butanol normal secondaire

$$H_3C - CH_2 - CH(OH) - CH_2(NH_2).$$

Deux méthodes de réduction m'ont servi pour transformer le nitro-butanol secondaire $CH_3 - CH_2 - CH(OH) - CH_2(NO_2)$ en son amine, à savoir :

a) L'amalgame aluminique;

b) L'étain et l'acide chlorhydrique.

A. — *Réduction par l'amalgame d'aluminium.*

L'amalgame aluminique est, comme on sait, de l'aluminium en paillettes ou en rognures qui a subi pendant quelques instants le contact d'une solution fort étendue de chlorure mercurique.

Sa réaction sur le butanol nitré en solution dans l'eau alcoolisée est très vive, et il est nécessaire de refroidir

en plongeant, à diverses reprises, le ballon où l'on opère dans de l'eau froide. Vingt-cinq grammes d'alcool nitré nécessitent environ 20 grammes d'aluminium amalgamé. On laisse les corps en contact pendant un ou deux jours. La réduction est complète alors que la solution ne réduit plus ou presque plus la liqueur de Fehling.

On sépare d'une manière aussi complète que possible l'hydroxyde aluminique et l'on sature par l'acide chlorhydrique la solution fort étendue de l'amine-alcool ainsi obtenu. Alors qu'elle a été ramenée à un petit volume par une évaporation lente à une température peu élevée, on en expulse l'amine à l'état libre par la potasse caustique. L'addition du carbonate potassique l'amène à la surface sous forme d'huile surnageante. On en extrait les portions restantes à l'aide de l'alcool. Le produit brut que l'on retire dans ces circonstances est l'hydrate de l'amine-alcool. On le dessèche à l'aide de fragments de carbonate de potassium fondu, l'emploi de la potasse caustique elle-même n'étant pas possible, pour déshydrater une amine à fonction alcool.

Le rendement de ce mode de préparation est satisfaisant et atteint jusqu'à 55 °/₀ du rendement théorique.

B. — *Réduction par l'étain et l'acide chlorhydrique.*

J'ai mis en réaction par deux fois 20 grammes d'isobutanol nitré avec 60 grammes d'étain en grenaille, en présence d'acide chlorhydrique aqueux.

A la suite du traitement ordinaire, employé dans ces sortes d'opérations, j'ai obtenu de la butanol-amine comme précédemment, mais en quantité minime. Le rendement ne dépasse guère 7 °/₀.

Après avoir séjourné pendant quelque temps sur le carbonate bipotassique, la butanol-amine a été soumise à des distillations répétées, soit sous pression réduite, soit sous la pression ordinaire, pour en déterminer la complète déshydratation.

Ainsi purifiée, elle a fourni à l'analyse les résultats suivants :

I. 0gr,1222 de substance ont donné 0gr,2420 de gaz carbonique et 0gr,1370 d'eau.

II. 0gr,1234 de substance ont donné 0gr,2443 de gaz CO_2 et 0gr,1390 d'eau.

III. Les dosages d'azote ont été faits d'après la méthode de Kjeldahl.

	Trouvé.				
	I.	II.	III.	IV.	Calculé.
C . . .	54.00	53.90	—	—	53.93
H . . .	12.46	12.51	—	—	12.36
N . . .	—	—	15.77	15.75	15.73

La *butanol-amine* $H_3C - CH_2 - CH(ON) - CH_2(NH_2)$ constitue un liquide incolore, plus ou moins épais, d'une odeur désagréable de souris, d'une saveur piquante.

Sa densité à l'état liquide est 0.927 à 17°.

Elle bout sous la pression de 755 millimètres à 172°.

J'en ai pris la densité de vapeur dans l'appareil de Hofmann, à la température d'ébullition de l'aniline. La densité trouvée a été 2.62, alors que la densité calculée est 3.07. On voit que, dans ces conditions, le composé subit déjà une dissociation assez notable.

On a trouvé pour l'indice de réfraction 1.4772, ce qui correspond à un *pouvoir réfringent moléculaire* égal à 27.11, alors que le calcul donne 26.23.

La butanol-amine se dissout aisément dans l'eau en s'échauffant. Elle y forme sans doute un hydrate; celui-ci en est séparé, sous forme d'un liquide épais et visqueux, par le carbonate potassique.

On devine déjà que la butanol-amine constitue un corps fort hygroscopique.

Je signalerai particulièrement, parmi les dérivés que forme ce corps, le composé *benzoïque*. Avec le chlorure de benzoyle $C_6H_5 - COCl$ en excès, en présence de la soude caustique, — réactif de Schotten-Baumann, — la butanol-amine fournit le dérivé dibenzoïque

$$\begin{array}{l} CH_3 - CH_2 \\ \quad\quad | \\ \quad\quad CH - O - (CO - C_6H_5) \\ \quad\quad | \\ \quad\quad CH_2 - NH(CO - C_6H_5), \end{array}$$

à la fois éther et amide.

Ce corps est insoluble dans l'eau, mais très soluble dans l'alcool; il en cristallise en lames brillantes, légères, fondant en tube étroit à 107°. On y a trouvé 4.82 et 4.68 °/₀ d'azote. La formule en demande 4.71 °/₀.

L'*acide picrolonique* — réactif de Knorr — forme avec la butanol-amine un sel jaune cristallisant en aiguilles soyeuses, fort insoluble dans l'eau, dont il n'a pas été possible de prendre le point de fusion, vu qu'il se décompose vers 230° en brunissant. On y a trouvé 19.82 et 20.02 °/₀ d'azote. La formule en demande 19.83 °/₀.

Le *sénévol-phénylique* $SC - N(C_6H_5)$ se combine aisément avec la butanol-amine, il en résulte une *thio-urée oxybutylique* $SC < \begin{matrix} NH(C_6H_5) \\ NH - CH_2 - CH(OH) - CH_2 - CH_3 \end{matrix}$, qui cristallise très bien de l'alcool en petits prismes et se fond à 102°.

La solution alcoolique d'acide oxalique et de butanol-

amine fournit un oxalate neutre qui constitue un sel blanc amorphe, se fondant à 193°.

Le *picrate* forme un beau sel jaune, susceptible de cristalliser en cristaux de grande dimension. Vers 130°, il se décompose.

Avec l'oxalate d'éthyle, la butanol-amine forme une oxamide di-oxybutylique

$$\begin{array}{l} OC - NH(CH_2 - CH(OH) - CH_2 - CH_3 \\ | \\ OC - NH(CH_2 - CH(OH) - CH_2 - CH_3 \end{array}$$

cristallisant de l'alcool en paillettes, fusible à 198°.

Amino-pentanol normal bi-secondaire 2-3

$$H_3C - CH(NH_2) - CH(OH) - CH_2 - CH_3.$$

Ce corps résulte de la réduction par l'amalgame aluminique du *nitro-pentanol normal bi-secondaire* 2-3, produit de l'addition du *nitro-éthane* $H_3C - CH_2(NO_2)$ au *propanal.*

La préparation de cet alcool nitré est aisée et le rendement avantageux. Je n'ai, quant à sa formation, qu'une seule remarque à faire, c'est que la fixation sur le propanal du nitro-éthane est beaucoup moins aisée et moins énergique que celle du nitro-méthane. L'échauffement de la masse ne dépasse pas 35°.

La réduction de cet alcool a été réalisée dans les conditions indiquées précédemment.

J'ai le regret de constater qu'elle a constitué, du moins pour moi, une opération fort peu avantageuse, au point de vue du rendement. Peut-être le produit s'est-il scindé sous l'action des alcalis. Le fait est que pendant l'opération et surtout à la distillation, on perçoit une forte odeur ammoniacale ou de base ammoniacale.

L'analyse de ce corps a fourni les résultats suivants :

I. 0gr,1115 de substance ont fourni 0gr,237 de gaz CO_2 et 0gr,1260 d'eau.

II. L'azote a été déterminé selon la méthode de Kjeldahl.

	Trouvé.			
	I.	II.	III.	Calculé.
C . . .	57.98	—	—	58.26
H . . .	12.85	—	—	12.62
N . . .	—	15.57	13.58	13.59

La *pentanol-amine* bi-secondaire constitue un liquide incolore, plus ou moins épais, d'une odeur et d'une saveur désagréables, peu soluble dans l'eau.

Sous la pression de 760 millimètres, elle bout à 174°.

Sa densité à la température de 17° est égale à 0.911.

Son indice de réfraction déterminé à l'aide de l'appareil de Pulfrich a été trouvé 1.4458, d'où le pouvoir réfringent moléculaire 30.11; alors que le calcul demande 30.07.

Le dérivé *dibenzoïque* de ce composé, obtenu dans les conditions ordinaires à l'aide du chlorure de benzoyle, cristallise en paillettes, insolubles dans l'eau, mais solubles dans l'alcool et l'éther; il se fond à 122°.

On y a trouvé 4.53 et 4.46 °/₀ d'azote; la formule

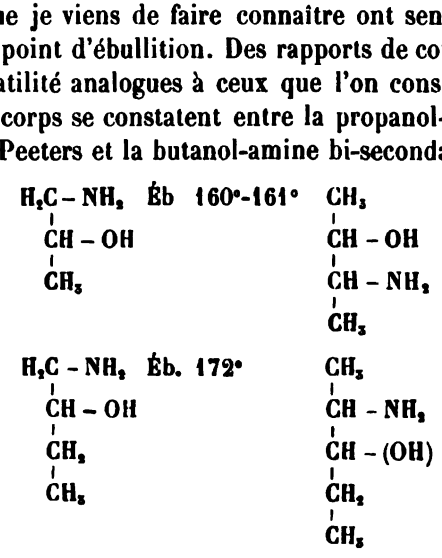
$$\begin{array}{l} CH_3 - CH - NH(CO - C_6H_5) \\ \quad\quad\;\; | \\ \quad\quad\;\; CH - O - (CO - C_6H_5) \\ \quad\quad\;\; | \\ CH_3 - CH_2 \end{array}$$

en demande 4.50 °/₀.

En solution alcoolique, l'acide *picrolonique* forme, avec la pentanol-amine également dissoute dans l'alcool, un beau corps constitué d'aiguilles soyeuses jaunes, brillantes, fusibles presque sans décomposition à 215°. On

y a trouvé 19.05 et 19.14 % d'azote, alors que la formule en demande 19.07.

On remarquera que la butanol-amine et la pentanol-amine que je viens de faire connaître ont sensiblement le même point d'ébullition. Des rapports de composition et de volatilité analogues à ceux que l'on constate entre ces deux corps se constatent entre la propanol-amine de M. Edg. Peeters et la butanol-amine bi-secondaire.



Ces corps sont respectivement homologues deux à deux; l'addition du chaînon CH_2 élève dans les deux cas le point d'ébullition de 12° environ.

On remarquera aussi qu'à l'étage C_3 comme à l'étage C_4, la méthylisation du chaînon amine $CH_2(NH_2)$, pour devenir $\overset{CH_3}{\underset{}{CH}} - NH_2$ n'exerce pas d'influence sensible sur la volatilité du produit primitif.

Ces recherches ont été faites au laboratoire de chimie générale de l'Université de Louvain. Je remplis un agréable devoir en exprimant à mes savants maîtres, MM. les professeurs Louis et Paul Henry, tous mes remerciements pour la bienveillance efficace qu'ils m'ont témoignée à cette occasion.

—

Sur divers alcools-amines en C_4 *et* C_5;
par Paul Stiénon, docteur en sciences.

M. le professeur Louis Henry m'a confié la tâche de préparer les alcools-amines normaux en C_4 et en C_5 que l'on peut obtenir en partant du nitro-propane primaire $CH_3 - CH_2 - CH_2(NO_2)$.

C'est le résultat des recherches que j'ai exécutées dans ce but que j'ai l'honneur de faire connaître à l'Académie dans ce travail.

En se condensant avec le méthanal $H_2CO = O$ et l'éthanal $CH_3 - CHO$, le nitro-propane primaire forme les alcools nitrés suivants :

a) Butanol normal primaire mononitré secondaire $H_3C - CH_2 - CH(NO_2) - CH_2(OH)$;

b) Pentanol normal mononitré bi-secondaire $H_3C - CH_2 - CH(NO_2) - CH(OH) - CH_3$.

Ces deux alcools nitrés s'obtiennent aisément. Ils ont été mis au jour et étudiés en 1897 par M. J. Pauwels (*). Je ne m'y arrêterai pas davantage, sinon pour confirmer les indications consignées dans le mémoire de M. Pauwels.

Par voie de réduction, ces alcools nitrés doivent fournir les alcools-amines correspondants :

a) Butanolamine normale primaire secondaire $H_3C - CH_2 - CH(NH_2) - CH_2(OH)$;

b) Pentanolamine normale bi-secondaire $H_3C - CH_2 - CH(NH_2) - CH(OH) - CH_3$.

C'est de celle-ci que je me suis occupé en premier lieu et avec le plus de succès.

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, t. XXXIV (3), p. 645.

Pentanolamine normale bi-secondaire 2-3

$CH_3 - CH_2 - CH(NH_2) - CH(OH) - CH_3$.

Pour réduire le nitro-pentanol bi-secondaire $CH_3 - CH(OH) - CH(NO_2) - CH_2 - CH_3$, j'ai d'abord employé la méthode de Béchamp — fer et acide acétique aqueux — qu'avait employée avec avantage Victor Meyer pour transformer le nitro-éthane $CH_3 - CH_2(NO_2)$ en éthylamine.

Elle ne m'a pas donné de bons résultats; le remplacement du fer par le magnésium et par l'aluminium ne l'a pas améliorée dans ses effets. J'ai eu aussi peu de succès en essayant de réaliser cette réduction par l'étain en présence de l'acide chlorhydrique aqueux.

En fin de compte, je me suis adressé à l'amalgame aluminique. Cette méthode a l'avantage d'être plus expéditive. Elle m'a donné des résultats satisfaisants. On fait agir par petites portions l'alcool nitré sur l'amalgame aluminique dans l'eau.

La réaction est très vive. Il est nécessaire d'éviter toute élévation de température et par conséquent de refroidir soigneusement.

La réaction peut être regardée comme terminée alors que l'odeur irritante de l'alcool nitré a disparu pour faire place à une odeur d'amine nettement prononcée.

L'extraction de l'alcool-amine formée est aisée. On essore l'hydroxyde aluminique à la trompe et on le lave à l'eau chaude. Le carbonate de potassium, aidé de quelque peu de potasse caustique, fait sortir complètement l'alcool-amine de sa solution aqueuse sous forme d'huile surnageante.

Une opération de cette nature s'effectue aisément en une journée. La formation d'ammoniaque ou d'amine inférieure, dont on perçoit l'odeur pendant la durée de la préparation, diminue notablement le rendement final.

Lors de sa sortie de la solution aqueuse, la pentanolamine est à l'état d'hydrate. Le carbonate de potassium fondu, en fragments, suffit pour lui enlever cette eau de combinaison. Une ou deux rectifications fournissent un produit pur. L'analyse de la pentanolamine $H_3C - CH_2 - CH(NH_2) - CH(OH) - CH_3$ ainsi obtenue a fourni les résultats suivants :

I. $0^{gr},1709$ de substance ont donné $0^{gr},36476$ de gaz carbonique et $0^{gr},1944$ d'eau.

II. $0^{gr},1365$ de substance ont donné $0^{gr},2907$ de gaz carbonique et $0^{gr},1557$ d'eau.

III. $0^{gr},1909$ de substance ont annoncé $0^{gr},02592$ d'azote par HCl titré (selon la méthode de Kjeldahl).

IV. Dans les mêmes conditions, $0^{gr},1324$ de substance ont annoncé $0^{gr},01804$ d'azote.

D'où l'on déduit :

	Trouvé °/₀.				
	I.	II.	III.	IV.	Calculé °/₀.
C . . .	58.21	58.09	—	—	58.25
H . . .	12.64	12.68	—	—	12.63
N . . .	—	—	13.60	13.65	13 59

La pentanolamine normale bi-secondaire $CH_3 - CH_2 - CH(NH_2) - CH(OH) - CH_3$ est analogue aux autres composés de cette sorte actuellement connus. C'est un liquide incolore plus ou moins épais, exhalant une forte odeur de marée et d'une saveur caustique.

Sa densité à 18° est égale à 0.906. Elle est fort peu soluble dans l'eau sur laquelle elle surnage, mais aisément soluble dans l'alcool.

Elle bout fixe à 174° sous la pression de 765 millimètres, toute la colonne mercurielle dans la vapeur.

La saturation de l'acide oxalique dissous dans l'alcool par la pentanolamine fournit, suivant les quantités de celle-ci, un sel acide ou un sel neutre, que l'addition de l'éther précipite à l'état d'une poudre cristalline.

On a trouvé dans le sel neutre 9.4 % d'azote.

Sa formule

$$2\left(CO(OH)\quad NH_2 - \begin{array}{l} CH_2 - CH_3 \\ | \\ CH \\ | \\ CH(OH) - CH_3 \end{array}\right)$$

en demande 9.52 %.

Ce sel fond à 166°. Le sel acide fond à 204°.

Amino-butanol normal primaire 1-2

$H_3C - CH_2 - CH(NH_2) - CH_2(OH)$.

Le nitro-butanol primaire $H_3C - H_2C - CH(NO)_2 - CH_2(OH)$, produit de l'addition du méthanal au nitropropane primaire $CH_3 - CH_2 - CH_2(NO_2)$, a été soumis à l'action réductrice :

1° De l'étain en présence de l'acide chlorhydrique;

2° De l'aluminium amalgamé en présence de l'eau.

Je n'ai obtenu dans l'un et l'autre cas que des rendements médiocrement satisfaisants.

De ces deux procédés, le second est cependant le meilleur. Malheureusement, je n'ai eu à ma disposition qu'une quantité insuffisante de nitro-butanol. Il m'a été

impossible ainsi d'arriver à obtenir la quantité de butanol-amine dont j'aurais dû disposer pour examiner ce corps comme je l'aurais voulu.

C'est un liquide analogue au précédent. Son point d'ébullition déterminé par la méthode de Siwoloboff s'est trouvé être situé, sous la pression ordinaire, à 172°-174°, ce qui est conforme aux déductions fondées sur l'analogie.

Les solutions alcooliques d'acide oxalique et de la butanol-amine donnent un précipité blanc amorphe qui est l'oxalate de la butanol-amine se fondant à 176°.

L'analyse m'a fourni des résultats meilleurs que ceux que j'avais obtenus à l'aide de la butanol-amine elle-même.

I. 0gr,0629 de substance m'ont donné 0gr,01012 de gaz carbonique et 0gr,00468 d'eau.

D'où l'on déduit :

	Calculé °/o.	Trouvé °/c.
C	44.78	45.86
H	8.95	8.26

La formule de cet oxalate neutre est

$$\left(CO(OH) - NH_2 - \begin{array}{c} CH_2OH \\ | \\ CH \\ | \\ CH_2 - CH_3 \end{array}\right)2.$$

Je suis tenté de croire que les résultats peu satisfaisants obtenus quant au rendement des amines, surtout de la butanolamine, tiennent à cette circonstance que sous l'effort de l'hydrogène naissant, la molécule se scinde pour donner de l'alcool méthylique et de la propylamine.

Pendant toute la durée de l'opération, on perçoit en effet une forte odeur ammoniacale.

J'ai recueilli ces vapeurs ainsi que celles qui s'échappent à l'origine lors de la distillation du produit brut, dans une eau chargée d'acide chlorhydrique. J'ai obtenu ainsi un sel d'amine dont la teneur en chlore se rapproche de celle du chlorhydrate de propylamine : 34.18 % au lieu de 37.17.

Quelques remarques avant de terminer.

L'éthanolamine de Knorr bout à 171° ; la propanol-amine de M. Edgar Peeters $H_3C - CH(OH) - CH_2(NH_2)$ à 161° et la butanol-amine bi-secondaire à 160°-161° également.

Étant donnés les points d'ébullition des deux amines dont je me suis occupé, on voit que le remplacement d'un atome d'hydrogène, dans un des groupements $- CH_2$ de l'éthanol -amine par le groupement éthyle C_2H_5, n'affecte pas le point d'ébullition, que le remplacement d'un atome d'hydrogène par le méthyle CH_3 dans le même composé produit un abaissement de 10° environ ; enfin qu'entre deux homologues voisins, il y a une différence de 10° environ dans le point d'ébullition.

Ce travail a été fait au laboratoire de chimie de l'Université de Louvain. Je me fais un devoir d'adresser tous mes remerciements à mes savants maîtres, MM. les professeurs Louis et Paul Henry, pour les bienveillants et utiles conseils qu'ils m'ont donnés pendant toute la durée de mes recherches.

Louvain, le 30 novembre 1901.

—

Technique de la cryoscopie du sang; par le Dr P. Nolf.

L'idée de ces quelques recherches sur certains détails de la cryoscopie du sang me fut donnée par la lecture d'un travail récent de Kroenig et Fueth (1) traitant de la tension osmotique des sangs maternel et fœtal pendant la gestation. Un des résultats de ces auteurs, c'est que la valeur moyenne du point de congélation, identique d'ailleurs pour les deux sangs, est $\Delta = 0.520$ avec des oscillations de 0°,02 tout au plus dans l'un ou l'autre sens. Valeur notablement inférieure à celle des auteurs [Koeppe (2), von Koranyi (3)] qui avaient précédemment déterminé le point de congélation du sang humain et avaient fixé la moyenne à 0.570. Kroenig et Fueth n'expliquent pas la différence et se demandent si elle n'est peut-être pas due à l'état de grossesse. D'après ce que nous savons sur la grande stabilité de la pression osmotique du plasma du sang, cette hypothèse est assez peu vraisemblable. Il y avait donc lieu de voir d'abord si la divergence des résultats acquis par Kroenig et Fueth d'une part, Koeppe et von Koranyi d'autre part, ne pouvait provenir de conditions de recherches dissemblables. Et justement il existe une différence dans le matériel

(1) Kroenig et Fueth, *Vergleichende Untersuchungen über den osmotischen Druck im mütterlichen und kindlichen Blute* (Monatsschrift f. Geburtshülfe und Gynaekologie, 1901. Hefte 1 und 2).

(2) Koeppe, *Physikalische Chemie in der Medicin*. Wien, 1900.

(3) von Koranyi, *Zeitschrift für klinische Medicin*, Bd XXXIII, S. 1, 1898.

d'études. Kroenig et Fueth déterminèrent toujours le point de congélation du sang dans le sang lui-même, défibriné par une agitation vigoureuse et prolongée, tandis que les auteurs qui se sont occupés de la cryoscopie du sang de l'homme et des animaux ont habituellement recouru au sérum exsudé du sang coagulé ; et dans beaucoup de travaux, il est expressément spécifié que la coagulation s'est faite en vase clos.

Or on sait que pendant la coagulation spontanée, la tension de l'acide carbonique du sang augmente fortement (8 °/₀ atm.) et dépasse notablement la valeur atteinte dans le sang contenu dans les veines (3.8 à 5.4 °/₀ atm.) (1) ou dans les artères (2.8 °/₀ atm.). Et les travaux de Koeppe, Kovacs (2) et de Kroenig et Fueth eux-mêmes ont montré l'influence très sérieuse que la tension de l'acide carbonique dissous dans le sang exerce sur la valeur du point de congélation de celui-ci.

Or, à ce point de vue, le sang agité de Kroenig et Fueth différait sensiblement du sérum exsudé d'un caillot : dans le premier, la tension était nulle ; dans le second, elle atteignait des chiffres probablement voisins de ceux trouvés chez le chien. De plus, dans l'un et l'autre cas, la valeur différait de celle du sang circulant dans les vaisseaux de l'animal.

Il était dès lors intéressant de déterminer d'abord jusqu'à quel point les modes différents de coagulation (agitation à l'air libre ou coagulation en vase clos) pou-

---

(1) Fredericq et Nuel, *Traité de physiologie*, p. 163.

(2) Voir von Koranyi, *loc. cit.*

vaient influencer la hauteur du point de congélation et de rechercher ensuite quelle était la valeur exacte de celui-ci dans les sangs artériel ou veineux eux-mêmes non coagulés. Pour opérer cette dernière détermination, il suffisait de recourir à l'influence bien connue du froid sur la coagulation. Le sang était reçu directement de l'artère ou de la veine dans l'éprouvette où devait se faire la congélation, et les opérations de cryoscopie se faisaient sur ce sang resté fluide.

Les recherches de Gryns (1) et de Kroenig et Fueth ont établi que les globules rouges n'exercent absolument aucune influence sur la valeur du point de congélation du liquide qui les contient.

Les premières constatations furent faites toutes sur du sang de chien.

La détermination du point de congélation d'un liquide exige, pour être exacte, une série de petites précautions, sur lesquelles il est peut-être bon d'insister. En premier lieu, il faut que pendant toute la série des observations, la température du milieu réfrigérant reste constante à quelques dixièmes de degré près. Dans mes expériences, elle oscillait aux environs de — 4°,5, la somme des oscillations dans un sens ou l'autre n'excédant pas 0°,5. On arrive très facilement à ce résultat par l'adjonction successive de petites quantités de sel ou de glace.

Habituellement, lors de chaque congélation, la température descend lentement dans l'éprouvette centrale au-

---

(1) Gryns, *Ueber den Einfluss gelöster Stoffe auf die rothen Blutzellen* (Archiv für die gesammte Physiologie, 1896, Bd LXIII).

dessous du point de congélation, pour y remonter brusquement dès la formation du premier cristal. Ce surrefroidissement, plus ou moins considérable suivant les liquides, influe nécessairement sur la valeur du point de congélation observé. Ce dernier sera d'autant plus bas que le surrefroidissement aura été plus considérable, puisqu'une cristallisation plus abondante concentre d'autant le liquide.

Il y a donc tout avantage à régulariser cette partie de l'opération, ce qui n'est possible que par amorçage. On se sert à cet effet d'une petite spatule en platine portée sur manche en verre, conservée sèche dans un tube à réaction plongeant dans le bain réfrigérant. Quand la température du liquide à congeler se trouve à environ 0°,5 sous le point de congélation supposé, on recueille vivement, au moyen de cette spatule, un cristal microscopique de glace à la surface externe du bain réfrigérant, qui en est chargée. En même temps, on retire l'agitateur interne. Le cristal de glace est déposé rapidement sur l'anneau de platine de ce dernier et plongé dans le liquide à congeler. Il faut que le cristal de glace soit très petit, à peine visible, et que le transport s'effectue rapidement pour éviter sa fusion. Dans ces conditions, la dilution du milieu résultant de ce faible apport de glace est absolument sans effet sur la valeur du point de congélation observée. C'est ce que prouve d'ailleurs la concordance des chiffres obtenus dans plusieurs déterminations successives du point de congélation d'un même échantillon de liquide.

Un point sur lequel il est bon d'attirer l'attention, c'est la nécessité absolue, pour obtenir des résultats

exacts, d'introduire toujours dans l'éprouvette centrale une même quantité de liquide, de façon que la hauteur de ce dernier soit constante. De plus, l'agitation doit être absolument régulière, ce à quoi l'on arrive en comptant au début, au moyen d'un chronomètre, le nombre de va-et-vient opérés en un quart de minute par exemple. On parvient facilement, en s'observant ainsi, à s'habituer à une vitesse uniforme. Dans mes opérations, la moyenne était trente excursions par quart de minute environ. L'amplitude de ces excursions doit également être rigoureusement réglée, ce qu'il est facile d'obtenir en prenant des points de repère sur l'échelle du thermomètre de Beckmann. Faute d'observer ces précautions, il peut y avoir des écarts de 0°,01 à 0°,02 entre deux déterminations successives.

Au contraire, par l'observation rigoureuse de ces détails opératoires, on en arrive à une grande concordance entre les différentes valeurs successives trouvées pour le point de congélation d'un même liquide, et les différences ne dépassent habituellement pas 0°,005, à moins qu'il ne survienne des modifications dans la composition du liquide au cours des opérations, ce qui est notamment le cas pour les liquides organiques riches en acide carbonique dissous.

Il est également bien entendu que dans toute détermination précise, il faut déterminer tous les jours, et même deux fois par jour, quand la suite des opérations est longue, le zéro du thermomètre.

Dans une première série d'opérations, il fut procédé à la détermination du point de congélation de quelques liquides organiques prélevés chez cinq chiens. On com-

mençait par leur injecter une solution de chlorure sodique, dont le point de congélation était $\Delta = 0.572$, dans le péritoine et la plèvre droite. Après une heure, on introduisait une canule en verre dans une veine jugulaire, une autre dans une carotide, et l'on recueillait *rapidement* :

1° Un échantillon de sang veineux reçu directement de la jugulaire externe dans l'éprouvette de l'appareil de Beckmann, préalablement refroidie par immersion dans un liquide dont la température était légèrement inférieure à 0°. Dans un cas, on recueillit, au moyen d'une sonde creuse introduite par la jugulaire, un échantillon du sang de la veine cave inférieure.

2° Un échantillon de sang carotidien dans les mêmes conditions.

Malgré le refroidissement rapide, il y avait néanmoins, dans quelques cas, un début de coagulation habituellement plus marqué dans le sang artériel.

3° Un ou plusieurs échantillons de sang carotidien recueillis dans des flacons à large goulot bouchés à l'émeri (avec bouchon graissé), de façon que le sang remplit complètement le flacon.

4° Un ou plusieurs échantillons de sang carotidien recueillis dans des flacons contenant des perles de verre. La défibrination se faisait par agitation pendant deux ou trois minutes sans fermeture du flacon.

5° Extraction rapide pendant l'agonie des liquides contenus dans le péritoine et la plèvre.

Dans le tableau suivant sont consignés les points de congélation observés.

Poids du chien.	Sang de la jugulaire recueilli dans la glace.	Sang de la veine cave inférieure recueilli dans la glace.	Sang de la carotide recueilli dans la glace.	Sérum exsudé du caillot en flacon clos.	Sang agité à l'air.	Liquide pleural.	Liquide péritonéal.
Kilog. 7	—	—	0.582 (Fluide.)	0.589	0.565	0.589 (Liquide faiblement sanglant.)	0.586
4.5	—	—	0.599 (Fluide.)	0.595	0.591	0.603	0.618
4.5	0.589 (Fluide.)	—	0.574 (Fluide.)	—	0.573	0.587	0.597
7.5	0.587 (Caillot très mou.)	—	0.580 (Caillot.)	0.588	0.575	—	0.593
24	0.576 (Très faible coagulation superficielle.)	0.573 (Fluide.)	0.572 (Très faible coagulation superficielle.)	0.583	*a*) 0.558 *b*) 0.583	0.584 (Liquide sanglant.)	0.598

Il est intéressant de faire remarquer que, d'une façon générale, le sang veineux possède un point de congélation légèrement inférieur à celui du sang artériel. C'est un résultat confirmatif de celui auquel étaient arrivés Fano et Botazzi (1). Mais tandis que les auteurs italiens faisaient leur détermination sur le sérum du sang coagulé à l'abri de l'air, ici ce furent les sangs eux-mêmes qui furent soumis à l'observation. Seule cette comparaison est correcte, car, ainsi qu'il a été dit plus haut, le sang artériel après coagulation possède une tension d'acide carbonique supérieure à celle du sang dans les veines. Dès lors, en l'absence de connaissances précises sur la tension de CO_2 étudiée comparativement dans le sang veineux et le sang artériel après coagulation, nous ne pouvons pas, sans plus ample examen, admettre pour le sang dans les vaisseaux ce qui est établi pour le sérum après coagulation.

Bien plus, même l'étude cryoscopique directe du sang maintenu fluide par refroidissement rapide à sa sortie du vaisseau est passible de quelque objection. Souvent, comme il a été dit, il existe, malgré le refroidissement, un très léger degré de coagulation, toujours plus marqué pour le sang artériel.

D'autre part, les observations successives du point de congélation, en produisant le gel et le dégel répétés du liquide sanguin, favorisent sa coagulation et bientôt l'agitation se couvre de filaments de fibrine, en même temps que le CO_2 mis en liberté lors de la coagulation s'échappe

---

(1) Fano et Botazzi, *Sur la pression osmotique du sérum* (Travaux du laboratoire de physiologie de Florence, 1896).

du liquide, grâce au brassage auquel ce dernier est soumis. De sorte que seule la valeur obtenue lors de la première lecture pourrait être considérée comme correcte (en admettant une fluidité parfaite du sang).

Dans les observations relatées ici, il fut fait trois déterminations successives dans le même échantillon. Chez les chiens III et IV, il y eut une différence nette entre les valeurs trouvées de cette manière pour le sang veineux et le sang artériel. Mais cette différence devient insensible pour le chien V, et, comme on le verra plus loin, il en sera de même dans les expériences ultérieures. De sorte qu'il semble que s'il existe, comme c'est probable, une tension osmotique légèrement supérieure dans le sang veineux, il est impossible, par la méthode cryoscopique, de la mettre nettement en évidence.

S'il est difficile d'établir une différence dans les points de congélation des sangs veineux et artériel, au contraire l'expérience montre, dans la plupart des cas, un écart net entre le sang artériel et les liquides épanchés dans les séreuses, liquides que l'on peut assimiler, au point de vue de leur valeur osmotique, à la lymphe qui circule dans les mailles des tissus. Toujours il existe, à l'encontre de ce que l'on admet généralement, une légère hypertonicité des liquides péritonéal et pleural, et dans tous les cas, sauf le premier, c'est le liquide péritonéal qui possède le point de congélation le plus bas.

Enfin, si l'on considère la valeur de Δ dans les échantillons de sérum exsudé en vase clos et de sang artériel défibriné à l'air, on constate une différence nette entre les deux liquides pour les chiens I, IV et V. Au contraire, chez le chien II, cette différence devient très faible, et chez le chien III, il n'y a aucune différence entre la valeur

de Δ dans le sang artériel reçu dans la glace et dans le sang défibriné à l'air. Ces exceptions étaient d'autant plus frappantes qu'elles ne se reproduisirent plus dans le cours des expériences. Or ces deux chiens étaient plus petits que les autres. On leur enlevait, pour les différents essais, la même quantité de sang qu'aux animaux de plus forte taille. Et le sang destiné à la défibrination à l'air était le dernier recueilli. C'était chez eux en quelque sorte le sang agonique, celui qu'est venue diluer une forte quantité de lymphe résorbée des tissus. Il y avait lieu de se demander si cette dilution n'avait pas influencé la valeur de son point de congélation. A vrai dire, des recherches de Koeppe, faites au moyen de l'hématocrite, tendent à prouver que la saignée n'influence pas sensiblement le pouvoir osmotique du sang, quoique dans deux cas il y ait légère augmentation de celui-ci. L'expérience directe élucida facilement la question. Chez le chien V, l'échantillon de sang carotidien destiné à être agité à l'air (*a*) fut recueilli avant le sang soumis à la coagulation en vase clos. Puis, cette double opération terminée, on laissa encore s'écouler 200 centimètres cubes, qui furent défibrinés à l'air et dont le point de congélation (*b*) fut trouvé nettement inférieur à celui du premier échantillon (*a*).

Chez un chien de 3 kilogrammes (VI), on recueille d'abord 70 centimètres cubes de sang, dont une partie fut défibrinée par agitation à l'air. Le point de congélation fut trouvé $\Delta = 0.596$. Après dix minutes, on enlève de nouveau 30 centimètres cubes qui furent soumis au même traitement. $\Delta = 0.612$.

---

(1) Koeppe, *loc. cit.*, p. 88.

Poids du chien.	Sang de la jugulaire recueilli dans la glace.	Sang de la veine cave inférieure recueilli dans la glace.	Sang de la carotide recueilli dans la glace.	Sérum exsudé du caillot en flacon clos.	Sang agité à l'air.	Liquide pleural.	Sang injecté dans la plèvre.	Sang injecté dans le péritoine.
Kilog. 3	—	—	—	—	*a*) 0.596 *b*) 0.612	—	—	—
7	—	—	—	0.618	0.600	—	—	—
2.5	—	—	—	0.591	0.578	—	—	—
21	0.597	—	0.595	*a*) 0.601 *b*) 0.602	*a*) 0.593 *b*) 0.601	—	—	—
14	0.513 (Caillot mou.)	0.504 (Sang fluide.)	0.591 (Caillot mou.)	0.519	0.572	0.597 (Liquide sanglant.)	0.597	0.601
19	0.565 (Sang fluide.)	—	0.567	0.583	0.558	0.572 (Liquide sanglant.)	0.572	0.580

et 0.601 pour le sérum. Dans le sang *b*, les valeurs de Δ furent respectivement 0.601 et 0.602.

Encore ici, nous observons un abaissement du point de congélation du sang défibriné à l'air comme conséquence d'une saignée, tandis que la valeur du point de congélation du sérum exsudé du caillot n'en est pas affectée.

Dans les déterminations du point de congélation du sang agité à l'air et du sérum exsudé, il fut recherché si le temps de conservation des liquides pourrait avoir quelque influence sur les valeurs observées. Habituellement, les déterminations furent faites pour le sérum exsudé trois ou quatre heures après la saignée. Dans certains cas, on fit une seconde détermination le lendemain avec le sérum de flacons non débouchés. Le résultat fut toujours trouvé identiquement le même.

En ce qui concerne le sang agité, il en fut autrement. Dans les cas où la détermination ne s'effectuait pas immédiatement après la saignée, le flacon était bouché pendant la défibrination et l'agitation à l'air ne se faisait qu'au moment de la détermination du point de congélation.

Le point de congélation déterminé ainsi le lendemain était régulièrement mais très faiblement inférieur à celui trouvé immédiatement après la saignée. Il semble donc que la mise en liberté de CO_2 libre, très abondante au moment de la coagulation, se poursuit très faiblement pendant les heures qui suivent.

Dans les expériences suivantes, il fut opéré comme dans celles dont le résultat figure au premier tableau, avec la différence qu'au lieu de liquide salin ce fut du sang défibriné de chien que l'on injecta dans le péritoine et

dans la plèvre droite, tandis qu'une injection de solution saline était faite dans la plèvre gauche.

Comme on le voit, il a été impossible ici de déceler par la cryoscopie une différence sensible entre le sang artériel et le sang veineux. Au contraire, l'influence de l'agitation à l'air pendant ou après la coagulation s'est fait nettement sentir dans tous les cas.

Pour ce qui est des liquides injectés dans les cavités séreuses, on remarquera d'abord que le sang défibriné retiré d'une plèvre possédait dans les deux expériences exactement la même tension osmotique que le liquide salin extrait de l'autre plèvre et que ces deux valeurs étaient très légèrement supérieures à celle du sang artériel.

Le sang retiré du péritoine possédait une tension osmotique encore un peu plus élevée, excès qui était probablement dû en partie à une veinosité exagérée. Au moment de l'extraction de la cavité péritonéale, il était, en effet, extrêmement foncé, tandis que le sang retiré de la plèvre était rouge vif; il prenait ensuite une couleur de plus en plus rouge pendant les opérations de cryoscopie. Mais il est probable que la veinosité n'était pas suffisante pour expliquer à elle seule son hypertonicité. La preuve directe en eût été facile. Il eût suffi de l'agiter à l'air pour le débarrasser de son excès de CO_2. C'est ce que je n'eus pas l'occasion de faire.

Pour résumer en quelques mots les données d'expériences relatées jusqu'ici, nous dirons que si la méthode cryoscopique nous a paru insuffisamment sensible pour établir une différence entre le sang artériel et le sang veineux, elle parvient à établir un écart léger entre les valeurs osmotiques des liquides séreux et le sang d'une

part, entre les liquides séreux eux-mêmes d'autre part. On peut ranger ces différents liquides, suivant une progression croissante de leur valeur osmotique, dans l'ordre suivant : sang, liquide pleural, liquide péritonéal.

On remarquera, d'autre part, que la valeur exacte du point de congélation du sang artériel est comprise entre les valeurs fournies par le sang agité à l'air et le sérum exsudé du caillot. Entre ces deux dernières existe un écart moyen d'environ 0°,02, d'autant plus marqué que la saignée a moins fait sentir ses effets. On peut dire d'une façon générale que plus petit est l'animal, plus forte est la saignée, *moins important est l'écart.*

Comment faut-il comprendre ces différences? Il est nécessaire pour cela d'analyser de près l'action de l'acide carbonique sur la valeur osmotique du sang. Dans le sang normal, on peut admettre qu'il existe, à chaque moment, un équilibre complet entre la pression osmotique à l'intérieur des globules rouges et dans le sérum ou le plasma qui les baigne. La tension superficielle des globules rouges semble insuffisante pour intervenir dans cette équilibration, comme le prouve l'expérience suivante de Gryns. Ayant déterminé le point de congélation d'un échantillon de sang défibriné, Gryns provoqua la destruction complète des hématies par plusieurs gels et dégels consécutifs. Le liquide ainsi obtenu possédait exactement le même point de congélation que le sang primitif. A vrai dire, l'expérience fut faite avec du sang de poule, dont les globules sont beaucoup plus volumineux que ceux des mammifères et possèdent, par conséquent, une tension superficielle probablement plus faible; et il serait bon qu'elle fût répétée avec le sang des différentes espèces animales. Il est probable cependant que si des différences existent, elles sont très faibles.

On peut donc admettre, jusqu'à preuve du contraire, que dans tous les sangs, les liquides intra- et extraglobulaires sont en équilibre de tension osmotique absolue. Mais cet équilibre absolu peut parfaitement exister avec des tensions partielles différentes de tel ou tel élément dissous dans l'un ou l'autre de ces milieux. D'après les recherches de Gryns (1), Koeppe (2), Hedin (3), il faut considérer comme pouvant traverser la paroi globulaire, les ions électro-négatifs Cl^-, $CO_3^=$, tandis que $SO_4^=$, $PO_4^=$ seraient non perméants.

Parmi les ions électro-positifs, K^+, Na^+ ne passeraient pas (ou très difficilement), tandis que Am^+ pénétrerait très facilement.

Dans le sang, on peut donc admettre qu'il y aura toujours égalité dans la tension osmotique totale à l'intérieur et à l'extérieur des globules et que, de plus, il y aura égalité dans les tensions partielles des éléments qui peuvent traverser la paroi.

Cette seconde proposition n'est cependant exacte que pour les éléments, tels que l'urée, qui sont dépourvus de toute charge électrique. En ce qui concerne les ions perméants, leur passage à travers la paroi globulaire est fonction de deux forces : leur tension osmotique partielle et le potentiel électrique du milieu qui les contient.

Supposons des globules dans une solution isotonique de sucre. Il y aura seulement équilibre osmotique absolu, les pressions partielles étant complètement dis-

---

(1) GRYNS, *loc. cit.*

(2) KOEPPE, *loc. cit.*

(3) HEDIN, *Versuche über das Vermögen, etc.* (ARCHIV FÜR DIE GESAMMTE PHYSIOLOGIE, 1898, Bd 70.)

semblables. Si nous faisons passer dans le mélange un courant d'acide carbonique, nous décomposerons une partie des phosphates et des albuminates endoglobulaires et la pression osmotique montera d'autant. Et comme aucun échange d'ions ou de molécules n'est possible avec l'extérieur, l'équilibre s'établira par absorption d'eau par les globules.

Mélangeons des globules à une solution de chlorure sodique.

Supposons, dans les globules, des carbonates, des phosphates; à l'extérieur, il n'y a que des chlorures. La pression partielle des ions Cl sera donc nettement supérieure à l'extérieur. Ils tendront à pénétrer dans les globules et ce mouvement pourra s'effectuer aussi longtemps qu'il y aura dans les globules un excès de carbonates, dont les ions CO_3 également électro-négatifs feront la traversée en sens inverse. S'il n'y avait pas de carbonates, mais rien que des phosphates (ou des albuminates) dans les globules, aucun échange (si ce n'est celui d'eau) ne serait permis. Faisons passer un courant d'acide carbonique dans le mélange. La tension de $CO_3^{=}$ augmentera notablement dans le milieu intraglobulaire aux dépens des phosphates et des albuminates, et une nouvelle quantité d'ions $CO_3^{=}$ et Cl seront échangés.

Supposons enfin des globules plongés dans du sérum artérialisé. A l'intérieur et à l'extérieur, il y aura des chlorures, des phosphates, des albuminates. Mais les tensions partielles de ces différents éléments seront totalement dissemblables dans le sérum et le milieu intraglobulaire.

Dans le premier, il y a un large excès de chlorures, un

déficit considérable de phosphates et d'albuminates. Aucun échange ne sera possible. Mais si nous faisons barboter dans ce sang un courant d'acide carbonique, il y aura production de carbonates aux dépens des phosphates et des albuminates, et cette production sera évidemment plus abondante dans les globules. Il en résultera une pénétration de Cl^- et une sortie équivalente (électriquement) de $CO_3^=$. Il faut donc s'attendre à voir les globules se gonfler et se charger de chlore, le sérum s'épaissir et s'alcaliniser. C'est, en effet, ce qu'avaient montré depuis longtemps les recherches de divers auteurs : Hamburger (1) avait noté l'absorption du chlore du sérum par les globules sous l'influence de l'acide carbonique; Zuntz (2), Lehmann (3) avaient déterminé l'augmentation de l'alcalinité du sérum et la diminution de celle des globules dans les mêmes circonstances.

Si, d'autre part, on agite à l'air libre du sang veineux de façon à le débarrasser de son acide carbonique, la suite des phénomènes décrits précédemment se déroule en sens inverse et l'on en revient à la répartition initiale des chlorures et à la valeur osmotique primitive du sang. Mais que se passerait-il si, au moment où le sang est saturé d'acide carbonique, nous séparions globules et sérum, et si, agitant l'un et l'autre à l'air, nous débarrassions les deux de leur acide carbonique libre?

---

(1) HAMBURGER, *Ueber den Einfluss der Athmung auf die Permeabilität der Blutkörperchen* (ZEITSCHRIFT FÜR BIOLOGIE, 1891, p. 405).

(2) ZUNTZ, *Handbuch der Physiologie* de Hermann, Bd IV, p. 78.

(3) LEHMANN, *Untersuchungen über die Alkalescenz des Blutes und speciell die Einwirkung der Kohlensäure darauf* (ARCHIV FÜR DIE GESAMMTE PHYSIOLOGIE, Bd LVIII, p. 428).

Les deux constituants reviendraient-ils encore à leur état initial, comme dans l'expérience précédente? Il est permis de croire que non. En effet, grâce à l'action de l'anhydride carbonique sur les phosphates et albuminates endoglobulaires, le sérum s'était fortement concentré, particulièrement en carbonates. Si, après séparation d'avec les globules, on l'agite à l'air, on permettra bien aux albumines (et phosphates) du sérum de rentrer en possession des atomes métalliques qu'elles avaient cédés à l'acide carbonique; et ainsi se reformeront les albuminates extraglobulaires primitifs. La pression osmotique diminuera d'autant, mais il y aura dans le sérum un excédent de carbonates, dont la présence aura pour conséquence une augmentation de son pouvoir osmotique. Le sérum du sang veineux, après agitation à l'air, doit donc posséder un point de congélation supérieur au sérum du sang artériel.

Quant aux globules, on serait tenté de croire que l'inverse se produira et qu'après agitation à l'air, leur point de congélation doit tomber sous le niveau primitif. Il ne faut cependant pas oublier que lors du passage des carbonates endoglobulaires dans le milieu extérieur, il y eut pénétration d'une certaine quantité de chlorure dans les hématies. Par le départ de l'anhydride carbonique, il est permis, ici aussi, aux protéides globulaires de rentrer en possession des atomes métalliques qui leur appartenaient. Mais une partie de ces atomes se trouvent dorénavant combinés au chlore, partant irréparablement perdus pour les protéides. Il semble donc qu'après agitation à l'air, la bouillie corpusculaire veineuse doive également accuser une hausse de pression osmotique plutôt qu'une baisse.

Voici le résultat d'une expérience de ce genre :

Dans du sang défibriné de chien, dont le point de congélation était $\Delta = 0.596$, on fit barboter pendant trois heures un courant très lent d'acide carbonique. Pendant l'opération, on prélevait de temps en temps un échantillon dont on déterminait une seule fois le point de congélation. Après trois heures de passage de CO_2, le point de congélation ne descendait plus que très lentement, il était $\Delta = 0.720$. On centrifugea. Après une demi-heure (avec une vitesse de 1,600 tours à la minute), il y avait séparation d'une faible couche de sérum n'occupant pas la cinquième partie du volume total. On préleva environ 20 centimètres cubes de sérum, autant de bouillie corpusculaire et, après avoir introduit l'un et l'autre dans deux petits flacons non bouchés, on agita de la même manière les flacons jusqu'à artérialisation complète des globules.

Le point de congélation de la bouillie globulaire était $\Delta = 0.605$; celui du sérum, $\Delta = 0.668$.

Le résultat de l'expérience était donc absolument conforme aux prévisions.

Pour bien montrer la capacité différente de saturation du sérum et des globules vis-à-vis de l'acide carbonique, on fit l'expérience inverse :

Le même sang ($\Delta = 0.596$) fut centrifugé sans saturation préalable par l'acide carbonique. Après le même temps d'action de la force centrifuge, il y avait un bon tiers de sérum et deux tiers de globules. On fit passer pendant trois heures le courant d'acide carbonique dans le sérum; celui-ci indiqua un point de congélation constant, $\Delta = 0.690$. Après le même laps de temps, il en fut de même pour la bouillie corpusculaire avec $\Delta = 0.738$.

Cette dernière expérience n'est que la confirmation, par la méthode cryoscopique, des mesures directes de Lehmann (1) de la capacité plus grande des globules que du sérum pour CO_2, et de celles de Lehmann et de Loewy (2) sur l'alcalinité totale plus considérable des globules que du sérum.

Il est inutile, dès lors, d'insister sur l'explication des observations nombreuses citées précédemment, dans lesquelles il fut montré que le sang coagulé en vase clos fournissait toujours un sérum dont le point de congélation était plus bas que celui du sang agité à l'air. C'est en petit la première des deux expériences précédentes.

Quant à l'influence de la saignée, dont l'effet, comme il a été dit plus haut, se fait légèrement sentir sur le point de congélation du sang agité et ne se marque pas (un seul cas observé) ou se marque moins sur celui du sérum exsudé, on peut se l'expliquer de la façon suivante : La lymphe possède normalement un point de congélation très légèrement inférieur à celui du sang; sa teneur en sels solubles est un peu plus forte, sa capacité vis-à-vis de l'acide carbonique plus faible. Après des saignées copieuses, le sang se dilue grâce à la résorption d'une notable quantité de lymphe. La coagulation de ce sang dilué produit probablement une moindre quantité d'acide carbonique, qui trouve d'ailleurs moins d'albuminates à décomposer, d'où différence faible ou nulle entre du sang

---

(1) LEHMANN, *Loc. cit.*

(2) LOEWY, *Untersuchungen zur Alkalescenz des Blutes* (ARCHIV FÜR DIE GESAMMTE PHYSIOLOGIE, Bd LVIII).

Sang de porc.

	SÉRUM EXSUDÉ.	SANG AGITÉ.	DIFFÉRENCE.
I.	0.611	0.592	—
II.	0.590	0.569	—
III.	0.614	0.592	—
IV.	0.626	0.600	—
Moyenne . . .	0.609	0.588	0.021

La conclusion de ces recherches, c'est que, chez le porc comme chez le chien, il existe entre les deux valeurs une différence constante et sensible (environ 0°,02), tandis que chez la vache et le cheval, l'écart tombe à la moitié de cette valeur, pour devenir nul ou presque nul chez le mouton.

A quoi sont dues ces différences d'une espèce animale à l'autre?

Il est probable qu'elles trouveraient un début d'explication dans l'étude plus approfondie des teneurs variables en alcali des globules rouges des différents mammifères. Sous ce rapport, des analyses soigneuses d'Abderhalden (1)

(1) ABDERHALDEN, *Zur quantitativen vergleichenden Analyse des Blutes* (ZEITSCHRIFT FÜR PHYSIOLOGISCHE CHEMIE, Bd 25, S. 65, 1898).

nous apprennent qu'il existe de grandes variations d'une espèce à l'autre; et dans l'ordre de l'alcalinité décroissante de leurs hématies, les mammifères qui nous intéressent se placent comme suit : chien (1,942), porc (1,899), mouton (1,633), bœuf (1,605), cheval (1,443).

Il serait peut-être intéressant de faire de nouvelles déterminations au moyen de méthodes précises, telles que l'étude de la capacité pour l'acide carbonique ou l'alcalimétrie directe par la méthode de Loewy. D'autre part, il faudrait rechercher dans quelle mesure la coagulation du sang élève la tension d'acide carbonique de celui-ci chez les différents mammifères.

Il n'a pas été fait d'étude du sang humain. Et à la fin de cette note, il nous est donc impossible de répondre à la question posée au début : Existe-t-il réellement une hypotonie gravidique? C'est ce que des recherches spéciales devront élucider.

Ce qu'il importait d'établir, d'après nous, c'est que pour qui veut déterminer d'une façon absolument exacte la valeur du point de congélation du sang, il est nécessaire de prendre de nombreuses précautions.

Voici d'ailleurs, brièvement résumées, les principales données de ces recherches :

1° Chez certaines espèces animales (chien, porc), le point de congélation du sérum exsudé du caillot est régulièrement inférieur à celui du sang défibriné par agitation à l'air (différence moyenne : 0°,02).

Chez d'autres espèces (bœuf, cheval, mouton), l'écart entre les deux chiffres est très faible ou nul;

2° Pour déterminer le point de congélation exact du sang artériel ou veineux, il faut opérer sur ces liquides mêmes, avant toute coagulation.

Les valeurs observées sont intermédiaires aux précédentes;

3° La cryoscopie ne permet pas d'établir des différences sensibles entre le sang artériel et veineux chez le chien;

4° Les liquides séjournant dans les cavités viscérales sont légèrement hypertoniques vis-à-vis du sang. L'hypertonie est plus marquée pour le liquide péritonéal que pour le liquide pleural.

—

Observations des Léonides faites à Boitsfort en 1901;
par Ch. Fiévez.

Les résultats de l'observation des Léonides obtenus en 1900 ayant été peu encourageants, on n'avait pas fait appel aux observateurs pour 1901. L'observation des Léonides n'aurait, d'ailleurs, pu se faire en Belgique durant les nuits du 11 au 14 novembre, parce que le temps était pluvieux et le ciel couvert.

La première belle soirée s'est présentée le 15 novembre; les étoiles de sixième grandeur étaient bien visibles. J'ai observé pendant une heure, dans le but de vérifier si les Léonides étaient encore aussi rares qu'en 1900; le 16 novembre, de 1 à 2 heures (temps officiel de Greenwich), j'ai compté 14 étoiles filantes dans la région comprenant les constellations du Cocher, des Gémeaux, du Taureau et de Persée. Sur ce nombre, j'ai remarqué 8 Léonides et 3 météores très courts se suivant à intervalles d'une fraction de seconde dans la constellation du Cocher. Le radiant de ces derniers avait pour coordonnées $\alpha = 80°$, $\delta = + 40°$, environ. Comme le nombre horaire de Léonides que j'avais observé pour ma part en

novembre 1899, 3 ou 4 à la même époque, était inférieur, j'ai pensé qu'il devait y avoir, très probablement, une recrudescence.

M. E. Empain et son fils ont bien voulu observer avec moi la nuit suivante. Le ciel était beau et les étoiles de sixième grandeur bien visibles.

M. E. Empain était tourné vers l'ouest, moi-même vers l'est, regardant du côté du zénith; M. G. Empain fils notait l'heure.

Nous avons observé le 17 novembre, de 0 h. 34 m. à 2 h. 25 m. (temps officiel de Greenwich), 62 étoiles filantes, comprenant 26 Léonides, 14 du Cocher et 22 sporadiques. D'après leur éclat, ces Léonides se classent comme suit : 2 supérieures à la première grandeur; 3 de première grandeur; 4 de deuxième; 8 de troisième; 4 de quatrième et 5 de cinquième grandeur.

De 3 h. 24 m. à 4 h. 59 m., nous avons encore observé 52 étoiles filantes, comprenant 21 Léonides dont 1 douteuse, 3 du Cocher et 27 diverses. Ces Léonides, classées d'après leur éclat, se composaient de 3 de première grandeur, 3 de deuxième, 7 de troisième et 8 de quatrième grandeur.

Pendant le cours de nos observations, nous avons constaté, plusieurs fois, l'apparition de faibles nuées lumineuses un peu allongées.

La répartition des étoiles filantes pour des intervalles d'une heure manifeste la variation suivante :

De 0^h35^m à 1^h35^m,	31	comprenant	14	Léonides et	17	sporadiques;
De 1^h25^m à 2^h25^m,	39	—	17	—	22	—
De 3^h26^m à 4^h26^m,	28	—	13	—	15	—
De 3^h59^m à 4^h59^m,	37	—	12	—	25	—

Le plus grand nombre d'étoiles filantes s'est présenté

de 1 h. 55 m. à 2 h. 25 m., soit 24, dont 11 Léonides, en trente minutes. Nous estimons qu'un maximum a dû se produire entre 2 heures et 3 heures.

Ces nombres se rapportent à deux observateurs à la fois. Il est à remarquer que, pendant la première partie de la nuit, nous avons observé, l'un et l'autre, 31 météores, et, pendant la seconde partie de la nuit, 27 et 25 respectivement. Comme chaque observateur n'embrasse que la sixième partie (*), environ, de l'hémisphère céleste, il en résulte que les chiffres précédents devraient, en première approximation, être multipliés par 3, si l'on voulait obtenir des nombres relatifs à tout notre hémisphère. Cependant les étoiles filantes ne se répartissent pas uniformément sur la voûte céleste. On peut même observer que, très souvent, plusieurs météores se suivent dans la même région du ciel.

D'après le bulletin de nos observations, on peut affirmer que les Léonides passaient en essaims intermittents.

POINTS RADIANTS.

J'ai déterminé, d'après la première carte de nos observations, enregistrées de 0 h. 34 m. à 2 h. 25 m., les coordonnées suivantes pour les points radiants :

$\alpha = 146°$, $\delta = +18°$ pour 12 Léonides;

$\alpha = 95°$, $\delta = +36°$ pour 6 météores;

$\alpha = 80°$, $\delta = +39°$ pour 8 météores du Cocher;

$\alpha = 77°$, $\delta = 32°$ pour 5 météores du Cocher.

Le radiant principal pour cette partie de la nuit se trouvait près de l'étoile Régulus.

Il est intéressant de remarquer que, en 1899 et en 1900,

(*) L'étendue du champ de la vision nette, dans le ciel, dépend de l'éclat des étoiles que l'on considère.

M. D. Eginitis, directeur de l'Observatoire d'Athènes, avait déjà signalé qu'un certain nombre de Léonides provenaient d'un radiant situé près de Régulus. Les coordonnées de ce radiant déduites des observations du 15 novembre 1900 étaient : $\alpha = 148°$, $\delta = + 15°$.

Les observations effectuées la nuit suivante de la même année ont donné : $\alpha = 152°$, $\delta = + 15°$.

Notre seconde carte, observations enregistrées le 17 novembre de 3 h. 24 m. à 4 h. 59 m., donne pour les coordonnées des points radiants :

$\alpha = 148°$, $\delta = + 13°$ pour 5 Léonides de Régulus;

$\alpha = 145°$, $\delta = + 19°$ pour 7 Léonides;

$\alpha = 160°$, $\delta = + 20°$ pour 4 Léonides;

$\alpha = 135°$, $\delta = + 33°$ pour 9 Léonides;

$\alpha = 79°$, $\delta = + 36°$ pour 6 météores du Cocher.

Le 18 novembre, j'ai observé seul de 1 h. 55 m. à 4 h. 20 m. et j'ai compté 25 météores dont 9 Léonides. Celles-ci comprenaient 3 de deuxième grandeur, 2 de troisième, 2 de quatrième et 2 de cinquième grandeur.

La répartition horaire de ces étoiles filantes donne les nombres suivants :

De 1 h. 55 m. à 2 h. 55 m., 10 météores dont 4 Léonides;

De 2 h. 55 m. à 3 h. 55 m., 11 dont 2 Léonides;

De 3 h. 14 m. à 4 h. 14 m. (moment de l'arrivée du brouillard et des nuages), 9 météores dont 3 Léonides.

Ces chiffres comparés à ceux qui ont été obtenus les deux nuits précédentes, par heure et pour un seul observateur, montrent une diminution très sensible du nombre des météores et surtout des Léonides.

Le point radiant principal pour cette nuit du 18 novembre était peu net. Les Léonides paraissaient venir de la tête du Lion et de la région de Régulus.

Tableau des données d'observation et intensité suivant la durée.

HEURES en temps officiel de Greenwich.	DURÉE des observations.	NOMBRE pour un observateur.		NOMBRE pour deux observateurs.		MOYENNE HORAIRE pour deux observateurs.	
		Météores.	Léonides.	Météores.	Léonides.	Météores.	Léonides.
En 1897, le 15 novembre.	2h 14m	25	17	—	—	22,4	15,2
En 1899, le 16 novembre.	3 50	—	—	37	19	9,6	5,0
En 1900, le 15 novembre.	7 50	—	—	36	32	3,9	4,6
16 novembre 1901 : 1h 00m à 2h 00m	1 00	14	8	—	—	28,0	16,0
17 novembre 1901 : 0 34 à 2 25	1 51	—	—	62	26	33,5	14,0
Id. 3 24 à 4 59	1 45	—	—	52	21	32,8	13,2
17 novembre 1901 : 0 34 à 4 59	3 36	—	—	114	47	33,2	13,8

18 novembre 1901 : 1 55 à 4 20	2 25	25	9	—	—	20,6	7,4
17 novembre 1901 : 0 55 à 1 25	0 30	—	—	13	3	—	—
Id. 1 25 à 1 55	0 30	—	—	16	6	—	—
Id. *1 55 à 2 25*	0 30	—	—	*24*	*11*	—	—
Id. 2 25 à 3 24	Non observé.	—	—	—	—	—	—
Id. 3 24 à 3 54	0h 30m	—	—	14	6	—	—
Id. 3 54 à 4 24	0 30	—	—	13	6	—	—
Id. 4 24 à 4 54	0 30	—	—	23	8	—	—
18 novembre 1901 : 1 55 à 2 25	1 00	10	4	—	—	—	—
Id. 2 25 à 3 55	1 00	11	2	—	—	—	—
Id. 3 14 à 4 14	1 00	9	3	—	—	—	—

D'après les moyennes horaires, le nombre des *Léonides* aurait été en diminuant du 16 au 18 novembre. Tandis que l'intensité des étoiles filantes en général aurait présenté un maximum le 17 novembre.

De plus, il y a une recrudescence marquée, aussi bien pour le nombre horaire d'étoiles filantes en général que pour le nombre horaire des Léonides, comparativement aux deux années précédentes.

Parmi les trajectoires des météores rapides, j'en ai observé une sinueuse et une autre, très rapide, en forme d'arc de cercle. Ces trajectoires anormales pourraient s'expliquer par l'émission plus ou moins *localisée* des gaz du météore. Cette émission produit, grâce à la résistance de notre atmosphère, une réaction qui change le mouvement. Cette réaction peut également provoquer la rotation du météore sur lui-même. Si un météore décrit une trajectoire en forme d'hélice ou de spirale allongée, celle-ci se projettera sur la voûte céleste suivant une ligne sinueuse ou une ligne courbe, en rapport avec l'orientation de l'axe de la spirale et la longueur du chemin parcouru.

Post-scriptum. — Mlles J. et M. Terby ont observé les Léonides, à Louvain, dans la nuit du 15 au 16 novembre. Elles ont bien voulu me communiquer les résultats de leurs observations que j'ai l'honneur de reproduire ci-dessous.

Mlles J. et M. Terby observaient ensemble dans un cinquième du ciel, dans la région sud-est et sud-sud-est, le 15 novembre de 22 h. 40 m. à 24 h. et le 16 novembre de 0 h. à 5 h. 30 m. Elles ont vu :

De 22 h. 40 m. à 0 h. 30 m., 18 étoiles filantes dont 15 Léonides et 9 traînées;

HEURES en temps officiel de Greenwich.	DURÉE des observations.	NOMBRE OBSERVÉ par Mlles J. et M. Terby.		MOYENNE HORAIRE pour deux observateurs.	
		Météores.	Léonides.	Météores.	Léonides.
15 au 16 novembre 1901 : 22h 40m à 0h 30m	4h 50m	18	15	17.7	14.7
16 novembre 1901 : 0 30 à 2 20	1 50	26	19	25.5	18.4
Id. 2 00 à 3.5	1 00	23	19	38.2	31.5
Id. 3.5 à 5 30	2 25	28	25	20.8	18.6
Id. 0 30 à 5 30	5 00	68	57	24.4	20.5

De 0 h. 30 m. à 2 h. 0 m., 17 étoiles filantes dont 13 Léonides et 13 traînées;

De 2 h. à 2 h. 20 m., 9 étoiles filantes dont 6 Léonides et 8 traînées;

De 2 h. 20 m. à 3 h. 5 m., 14 étoiles filantes dont 13 Léonides et 6 traînées;

De 3 h. 5 m. à 3 h. 45 m., 12 étoiles filantes dont 11 Léonides et 9 traînées;

De 3 h. 45 m. à 5 h. 30 m., 16 étoiles filantes dont 14 Léonides et 10 traînées.

J'estime que Mlles Terby avaient un champ d'observation d'environ un dixième plus grand que celui d'un seul observateur. J'en ai tenu compte dans le tableau de la page précédente pour le calcul des moyennes horaires pour deux observateurs.

La comparaison de ce tableau avec le précédent montre que la moyenne horaire des étoiles filantes (24.4) le 16 novembre, a été certainement inférieure à celle du 17 novembre (33.2); tandis que la moyenne horaire des Léonides a été supérieure le 16 novembre. Un maximum s'est manifesté de 2 heures à 3 heures. Le plus grand nombre a été observé de 2 h. à 2 h. 20 m. le 16, soit 9 météores, dont 6 Léonides, en 20 minutes. Le 17, nous avons constaté également, vers la même heure, de 1 h. 55 m. à 2 h. 20 m., que les étoiles filantes étaient plus nombreuses : 21 météores dont 11 Léonides en 25 minutes et pour deux régions opposées du ciel. Le 18 novembre, je n'ai rien remarqué de semblable.

COMITÉ SECRET.

La Classe se constitue en comité secret pour la discussion des titres des candidats présentés pour les places vacantes.

CLASSE DES SCIENCES.

Séance du 16 décembre 1901.

M. Jos. De Tilly, directeur.

M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Édouard Van Beneden, *vice-directeur;* G. Dewalque, Brialmont, Éd. Dupont, C. Malaise, F. Folie, F. Plateau, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Van der Mensbrugghe, Louis Henry, M. Mourlon, P. Mansion, P. De Heen, C. Le Paige, Ch. Lagrange, F. Terby, J. Deruyts, Léon Fredericq, J. Neuberg, A. Lancaster, L. Errera, *membres;* Julien Fraipont, Pol. Francotte, Paul Pelseneer et A. Gravis, *correspondants.*

CORRESPONDANCE.

Par une lettre du Palais, Leurs Majestés le Roi et la Reine expriment Leurs regrets de ne pouvoir assister à la séance publique de la Classe.

M. le Secrétaire de l'Académie royale de médecine remercie pour les invitations qui ont été adressées à ce Corps savant.

— M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique demande que la Classe lui soumette une liste

double, de dix noms, pour le choix du jury de cinq membres chargé de juger le premier concours décennal des sciences zoologiques (période du 1er janvier 1892 au 31 décembre 1901). — La formation de cette liste aura lieu dans la prochaine séance.

— M. Wattier demande l'appréciation de la Classe sur sa brochure imprimée : *Étrennes du nouveau siècle. La science réelle pour tous.* Il exprime en même temps le désir d'être proposé comme candidat à l'obtention du prix de physique et de chimie institué par M. le Dr Nobel.

Il sera répondu que, conformément à l'article 12 du règlement de la Classe, il n'est pas fait de rapport sur les ouvrages déjà livrés à la publicité et que, quant à sa demande concernant le prix Nobel, la Classe a passé à l'ordre du jour.

— Hommage d'ouvrage :

Analyse capillaire fondée sur des phénomènes de capillarité et d'absorption avec un chapitre final : le mouvement ascensionnel des matières colorantes dans les plantes. 1 vol. in-8° de 546 pages et 59 figures ou tableaux, publié en allemand, à Bâle, en 1901, par le professeur Dr Frederick Goppelsroeder, de Bâle (Leimenstrasse, 51). — Remerciements.

PRIX DE LA BELGICA.

Sur la proposition de la Commission à laquelle avait été renvoyée la dépêche de M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique concernant la création d'un

prix, dit de la *Belgica*, à décerner par la Classe des sciences de l'Académie (Subsides à des Belges désirant entreprendre des travaux océanographiques), la Classe accepte, à l'unanimité, en principe, cette fondation dont elle demande à être chargée de préparer le règlement après entente, à cet effet, avec M. de Gerlache.

M. le Secrétaire perpétuel est délégué pour s'entendre avec le Gouvernement au sujet des mesures à prendre pour l'inscription de cette fondation au Grand-livre de la Dette publique.

RAPPORT.

Sur le rapport de M. F. Plateau, la Classe décide le dépôt aux archives d'une note de M. Ernest Doudou : *Sur les insectes ressuscités par la chaleur.*

CONCOURS ANNUEL DE 1901.

SCIENCES NATURELLES.

PREMIÈRE QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur le rôle physiologique des substances albuminoïdes dans la nutrition des animaux ou des végétaux.

Exemples de questions qui pourraient être traitées par les concurrents :

Les albuminoïdes peuvent-ils se transformer en graisse dans l'organisme?

L'oxydation des albuminoïdes joue-t-elle un rôle dans la contraction musculaire?

Les globulines et les albumines du sang ont-elles la même signification physiologique?

Comment s'effectue la synthèse des albuminoïdes chez les végétaux?

Quel rôle jouent les albuminoïdes dans la formation des graisses végétales ou des hydrates de carbone, etc.?

Un mémoire portant pour devise : *Solem quis dicere falsum audeat* (VIRGILE) a été reçu en réponse à cette question.

Rapport de M. Errera, premier commissaire.

« En demandant *de nouvelles recherches sur le rôle physiologique des substances albuminoïdes dans la nutrition des animaux et des végétaux*, la Classe a eu soin de signaler aux concurrents quelques-uns des aspects sous lesquels elle les engageait à examiner ce problème si complexe et si vaste. Elle a indiqué, entre autres, la question suivante : « Comment s'effectue la synthèse des albuminoïdes chez les végétaux? »

Tel est l'objet qu'a étudié l'auteur du mémoire envoyé à l'Académie et qui porte pour titre : *Recherches sur la synthèse des substances albuminoïdes par les végétaux.*

*
* *

Si l'on en dresse tout d'abord la Table des matières, — ce que l'auteur a négligé de faire, — on voit que la question a été envisagée dans son ensemble, clairement et méthodiquement.

Un premier paragraphe énumère les diverses sources auxquelles les plantes peuvent emprunter leur azote. On y trouve cités :

1° L'azote libre;

2° L'ammoniaque et ses sels (minéraux et organiques);

3° L'acide nitrique (et les nitrates);

4° Les diverses combinaisons organiques azotées.

Pour être complet, l'auteur aurait dû mentionner aussi l'acide nitreux et les nitrites qui peuvent être utilisés, tout au moins par les microbes, dans la nitratation, comme nous l'ont appris les belles recherches de Winogradsky.

Vient alors l'exposé de ce que l'on sait au sujet de l'assimilation de l'azote, selon que l'élément a telle ou telle de ces quatre origines.

Un autre paragraphe est consacré à l'étude des premiers produits de l'assimilation de l'acide nitrique. Ce composé doit subir une réduction dans les tissus végétaux et celle-ci aurait lieu, d'après l'auteur, principalement, mais non exclusivement, à l'intérieur des cellules à chlorophylle exposées à la lumière, c'est-à-dire en concomitance avec la réduction de l'anhydride carbonique. Quel est le produit qui résulte de la réduction des nitrates? Un même corps prend-il naissance chez tous les végétaux verts? On l'ignore. L'auteur n'en déclare pas moins qu' « à l'heure actuelle, l'acide cyanhydrique peut être considéré comme l'un des premiers produits, sinon le premier, de l'assimilation des nitrates ». C'est, nous semble-t-il, généraliser un peu vite les intéressantes observations publiées par Treub sur le seul *Pangium edule*, — cette Cistinée javanaise qui a mérité le nom

d'Arbre à acide prussique, — et le fait, constaté par quelques chimistes, que le même acide se rencontre en petite quantité dans les produits de distillation de l'*Aquilegia vulgaris*.

La synthèse et les mutations des substances albuminoïdes font ensuite l'objet d'un paragraphe assez étendu. L'auteur s'occupe d'abord des organismes inférieurs, privés de chlorophylle, puis des plantes vertes. Pour ces dernières, la formation, dans l'obscurité, d'acide cyanhydrique et celle de corps amidés, l'intervention de la lumière dans la production des matières albuminoïdes proprement dites, la signification de l'asparagine, etc., sont discutées successivement.

*
* *

Toute cette partie historique et critique témoigne de réflexions et d'études approfondies. Familiarisé avec la « littérature » du sujet, l'auteur a su brosser à larges traits, d'une main experte, un bon tableau de nos connaissances actuelles. Ce n'est pas à dire qu'une lecture attentive ne révèle quelques omissions regrettables. Ainsi, à propos de l'assimilation de l'azote ammoniacal, les travaux de Pagnoul méritaient d'entrer en ligne de compte; de même, à propos du rôle de la lumière. Les expériences de Chrapowicki, de 1889, sur l'apparition de matières albuminoïdes dans les feuilles en même temps que des nitrates y disparaissent, semblent être inconnues à l'auteur. En traitant de la présence d'acide prussique chez l'Ancolie, on aurait pu invoquer aussi les recherches de notre confrère, M. Jorissen.

Mais ce sont là péchés très véniels.

*
* *

Le compte rendu des expériences nouvelles n'occupe guère qu'une quinzaine de pages vers la fin du mémoire. L'auteur indique avec soin les méthodes d'analyse dont il s'est servi. Trois expériences seulement sont ainsi relatées.

La première établit que des plantules de Cresson, auxquelles l'azote est offert à l'état de sulfate d'ammoniaque, produisent, à la lumière, des matières albuminoïdes, tandis que, dans l'obscurité, il y a une légère diminution des matières albuminoïdes, plus que compensée, il est vrai, par un accroissement des corps amidés, de manière à amener, tout de même, une certaine augmentation de l'azote organique total.

Il résulte de la deuxième expérience que du Cresson affamé, auquel on fournit, outre les matières minérales nécessaires, du nitrate de potassium ainsi que de la saccharose, peut former des matières albuminoïdes dans l'obscurité, mais que cette formation est incomparablement plus considérable à la lumière.

Dans la troisième, enfin, on a comparé l'assimilation de l'ammoniaque et celle de l'acide nitrique par de jeunes plantes de Moutarde blanche, tant vertes qu'étiolées. Voici ce que l'auteur déduit de ses nombreux dosages d'azote :

« Exposées à la lumière, les plantules vertes de Moutarde blanche ont élaboré des substances albuminoïdes aux dépens du sulfate d'ammoniaque et, plus encore, aux frais du nitrate de potassium. Elles ont aussi formé un supplément de corps amidés avec le premier de ces sels.

» Chez les plantules étiolées, dans l'obscurité, aucune synthèse de matières albuminoïdes n'a été observée. Celles auxquelles on avait donné du nitrate contenaient

de l'ammoniaque, dû à la réduction de ce sel, et présentaient un gain en produits amidés de même origine. »

Reproduisons encore les conclusions tirées de l'ensemble de ces essais :

« Chez les jeunes plantes de Cresson alénois et de Moutarde blanche qui ont épuisé leurs réserves hydrocarbonées, la production de substances albuminoïdes est subordonnée à l'intervention de la lumière. Cependant, en présence de sucres et de corps amidés, il peut y avoir formation de ces substances, dans l'obscurité.

» La production de corps amidés par les mêmes plantes, à l'aide de l'ammoniaque ou de l'acide nitrique, peut se faire dans l'obscurité, même pour les organes privés de chlorophylle; mais l'assimilation de l'azote ainsi réalisée est de beaucoup inférieure à celle qui a lieu sous l'action de la lumière.

» D'une manière générale, la synthèse de substances albuminoïdes par les plantes supérieures est beaucoup plus active sous l'influence de la radiation. »

En quelques pages finales, l'auteur rattache ses propres résultats à ceux de ses prédécesseurs et indique comment il conçoit l'assimilation de l'azote par les végétaux.

*
* *

Les expériences que nous venons de résumer sont bien comprises et bien conduites. Elles nous fournissent d'intéressantes confirmations, mais il faut avouer qu'elles n'ajoutent pas grand'chose à ce que nous savions par les travaux antérieurs, notamment par ceux de notre confrère M. Laurent, en collaboration avec MM. Marchal et Carpiaux, de Godlewski, de Kinoshita, de Suzuki, de Han-

steen, etc. Et la preuve, c'est que déjà il y a quatre ans, M. Pfeffer, dans la seconde édition de son excellente *Physiologie végétale*, formulait ses conclusions au sujet du problème, à très peu près de la même façon que le mémoire qui nous est soumis.

Les points nouveaux que l'auteur aurait pu chercher à élucider sont cependant nombreux. Par quelles étapes successives s'échafaude la molécule albuminoïde? L'acide prussique est-il vraiment un terme constant de cette série? Ne pourrait-on rechercher ce corps ainsi que les substances amidées, à l'intérieur des cellules, par les méthodes microchimiques? Etc. Questions difficiles, sans doute, mais qui ne paraissent pas insolubles. Puis, l'auteur n'a examiné que le Cresson et la Moutarde, deux Crucifèracées; n'aurait-il pas dû étudier encore un certain nombre d'autres espèces, les unes ammonicoles, les autres salpétricoles, puisqu'il reconnaît lui-même que toutes ne se comportent point pareillement?

On voit par ce qui précède, que le mémoire adressé à l'Académie a une incontestable valeur, et, s'il ne s'agissait que d'en proposer l'impression, je le ferais très volontiers. Aussi ai-je tenu à en donner textuellement les conclusions essentielles, afin de sauvegarder les droits de l'auteur. Mais j'estime que les faits nouveaux que ce travail nous apporte ne sont pas assez nombreux et qu'il ne répond pas d'une façon assez complète à la question posée pour lui attribuer le prix.

Je demanderai à la Classe de remettre dès à présent la question au concours pour 1902 : l'auteur pourra ainsi reprendre ses expériences et parfaire son œuvre. »

—

Rapport de M. A. Jorissen, deuxième commissaire.

« L'étude de la formation des substances albuminoïdes chez les végétaux en est encore aujourd'hui, peut-on dire, à la période documentaire : bien que de nombreux travaux aient été publiés sur l'assimilation de l'azote, il est difficile, dans l'état actuel de nos connaissances, d'interpréter, au point de vue chimique, les résultats fournis par diverses expériences.

L'auteur du mémoire de concours présenté à l'Académie en réponse à la première question des sciences naturelles a fort habilement tiré parti des observations recueillies sur ce sujet, dans les dernières années, pour esquisser des théories sur l'assimilation des nitrates, de l'ammoniaque et d'autres composés azotés; comme le fait remarquer le savant premier commissaire, il a su exposer avec beaucoup de méthode et de clarté l'état actuel de la question.

Je n'ai rien à ajouter, pour ce qui concerne cette partie du mémoire, au rapport qu'a rédigé M. Errera; je crois aussi que la théorie développée à propos du rôle de l'acide cyanhydrique dans la formation des substances albuminoïdes est encore prématurée, bien qu'elle constitue une interprétation séduisante de plusieurs faits observés.

Dans la description des expériences qu'il a instituées en vue d'étudier l'assimilation des nitrates et de l'ammoniaque par le Cresson et la Moutarde, l'auteur montre qu'il a judicieusement appliqué les procédés actuellement employés dans les laboratoires d'analyses pour le dosage des différents groupes de composés azotés existant dans les végétaux. Les résultats qu'il publie constituent

une contribution assez importante à l'étude de la formation des substances albuminoïdes.

Certes, on peut regretter que l'auteur n'ait pas donné plus de développement au chapitre dans lequel il décrit ses recherches personnelles, mais il s'agit ici d'expériences longues et délicates, qu'il eût vraisemblablement été impossible de terminer dans le délai voulu.

Quoi qu'il en soit, l'auteur a prouvé qu'il est de taille à rendre ce chapitre aussi intéressant que la première partie de son mémoire; je me rallie donc aux propositions du savant premier commissaire. »

M. Fredericq, troisième commissaire, déclare se rallier aux conclusions des rapports de ses confrères; celles-ci sont adoptées.

En conséquence, le prix n'est pas décerné.

DEUXIÈME QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur l'organisation et le développement d'un PHORONIS, *en vue d'élucider les rapports existant entre les animaux de ce genre, les genres* RHABDOPLEURA *et* CEPHALODISCUS *et le groupe des* ENTÉROPNEUSTES.

Un mémoire portant la devise : *Natura semper eadem est*, a été reçu en réponse à cette question.

Rapport de M. Éd. Van Beneden, premier commissaire.

« Un mémoire a été envoyé à la Classe en réponse à la question suivante du programme du concours pour 1901: *On demande de nouvelles recherches sur l'organisation et le*

développement d'un PHORONIS, *en vue d'élucider les rapports existant entre les animaux de ce genre, les genres* RHABDOPLEURA *et* CEPHALODISCUS *et le groupe des* ENTÉROPNEUSTES.

Ce mémoire a pour titre : *De la structure des Phoronidés et de leurs relations avec les Entéropneustes.* Il comprend un texte assez étendu et un atlas de cinq planches in-4°, en partie dessinées, en partie formées de photogrammes.

Avant d'aborder l'analyse de ce mémoire, je rappellerai les raisons qui m'ont déterminé à poser la question adoptée par la Classe et la portée que j'ai eu l'intention de lui donner. En 1887 parut, dans le *Journal de Ray Lankester*, un mémoire sur l'organisation de l'Actinotroque qui, autant en raison des multiples données nouvelles qu'il apportait sur l'organisation de cette larve que par les conclusions que l'auteur en tirait, quant aux affinités des *Phoronis*, attira vivement l'attention des morphologistes. Parmi les faits nouveaux que Masterman, l'auteur de ce mémoire, chercha à mettre en lumière, je signalerai les suivants.

Il existe, chez l'Actinotroque, trois cavités cœlomiques, correspondant aux divisions du corps en lobe préoral, collier et tronc. Ces trois cavités, respectivement désignées depuis sous les noms de procèle, de mésocèle et de métacèle, sont séparées entre elles par des cloisons transversales résultant de l'accolement des revêtements cellulaires cœlomiques. Le mésocèle et le métacèle sont subdivisés, le premier dorsalement, le second ventralement, par un mésentère médian. Toutes trois communiquent avec l'extérieur, la première par une paire de pores, *proboscis pores;* la seconde par une paire de néphridies débouchant d'une part dans la cavité collaire, par des entonnoirs ciliés multiples, d'autre part au dehors, par des

orifices ventralement placés, près du plan médian, immédiatement en arrière du cercle des tentacules larvaires; la troisième par deux vésicules résultant d'un cloisonnement incomplet du métacèle, près de l'extrémité postérieure du corps; elles restent en continuité avec le métacèle réduit, par des orifices infundibuliformes, et s'ouvrent à l'extérieur, à droite et à gauche de l'anus, par des pores très petits. Ces vésicules rénales postérieures sont probablement, à en croire Masterman, les ébauches des néphridies de l'adulte.

En ce qui concerne le tube intestinal, deux faits sont d'une importance capitale au point de vue de la détermination des affinités des *Phoronis* : d'une part, l'existence à l'entrée du stomodœum d'une glande subneurale; d'autre part, la présence, aux faces latérales de l'estomac, de deux diverticules proéminant dans la cavité collaire; l'auteur leur donne le nom de pleurochordes. Leur épithélium, fortement vacuolisé, présenterait une structure analogue à celle que Masterman appelle le *tissu chordoïde* des Vertébrés, et pour ce motif il les considère comme des notochordes rudimentaires.

Le système nerveux, beaucoup plus compliqué qu'on ne le soupçonnait, comprendrait, outre le ganglion central, un anneau postoral, un anneau préoral, un anneau périanal, deux troncs principaux à direction longitudinale : l'un dorsal, partant du cerveau pour aboutir à l'anneau périanal, l'autre ventral et médian; trois nerfs parallèles vont du cerveau au milieu de l'anneau préoral; un plexus très compliqué, résultant d'une différenciation profonde de l'épiderme, relierait entre elles les différentes parties qui viennent d'être énumérées.

Le système vasculaire comprendrait un sinus central

siégeant dans la cloison qui sépare la cavité préorale de la cavité collaire, un sinus dorsal contractile, suivant la ligne médio-dorsale de l'estomac, et un sinus ventral médian, un sinus annulaire postoral, un sinus périanal et un autre à la limite entre l'estomac et l'intestin.

Dans son premier travail, Masterman n'avait fait que décrire l'organisation de l'Actinotroque arrivée à complet développement. Dans un mémoire plus récent, il a cherché à élucider le mode de formation du mésoblaste; il constate une analogie frappante entre le développement de l'Actinotroque et celui du *Balanoglossus Kowalewskii*, tel que nous le connaissons, grâce aux belles recherches de Bateson. De part et d'autre, le procèle, formé aux dépens d'une évagination médiane de l'archenteron, présente tous les caractères d'un entérocèle typique. Quant aux cœlomes collaire et métacélien, ils procèdent, dans les deux types, de formations mésoblastiques paires, qui paraissent, elles aussi, pouvoir être ramenées à des diverticules cœlomiques.

Frappé des analogies que présente l'Actinotroque avec le Rhabdopleure et le Céphalodisque d'une part, avec les Entéropneustes de l'autre, Masterman propose l'établissement d'un groupe des *Diplochorda*, caractérisé, entre autres particularités, par une notochorde double et latérale; il rapproche les *Diplochordes* des *Hémichordes* (Balanoglossus). Il réunit les deux groupes sous le nom d'*Archichorda* et ces derniers sont opposés aux *Euchorda* (Tuniciers, Céphalochordes et Vertébrés). L'origine des Vertébrés, recherchée avec tant de persistance et si peu de succès, se trouverait donc, sinon dans des formes rangées jusqu'ici parmi les Vers, du moins dans des formes apparentées aux Archichordes actuels, et les Pho-

ronis se rattacheraient au tronc d'origine de l'embranchement, auquel appartient l'homme.

Ces données de Masterman relatives à l'organisation et au développement de l'Actinotroque, abstraction faite de toute question d'interprétation, diffèrent à un tel point des résultats acquis non seulement par ses prédécesseurs, mais aussi par ceux qui, comme Roule, ont abordé après lui le même sujet, qu'il était vivement à désirer de les voir contrôler. C'est en vue de provoquer ces nouvelles recherches que j'ai proposé à la Classe de mettre au concours la question relative au développement du *Phoronis*. Il importait avant tout de savoir si réellement il existe chez l'Actinotroque trois cavités cœlomiques séparées entre elles par des cloisons transversales complètes; s'il se trouve, dans la région collaire, un mésentère dorsal; si la cavité préorale communique vraiment avec l'intérieur par des *proboscis pores;* si les néphridies débouchent dans le mésocèle par des entonnoirs ciliés multiples; s'il existe des vésicules rénales à droite et à gauche de l'anus; si l'on peut admettre la présence, à la voûte du stomodœum, d'une glande subneurale; si les diverticules appelés pleurochordes sont comparables, anatomiquement parlant, à la corde dorsale des Vertébrés; si le système nerveux présente réellement la constitution, si semblable à celle des Entéropneustes, que décrit Masterman; si la présence du sinus central et des sinus annulaires et longitudinaux est bien réelle ou si les espaces, décrits comme sinus sanguins, ne sont pas, en tout ou en partie, le résultat d'un décollement artificiel des couches cellulaires; si le mésoblaste se développe comme chez le *Balanoglossus Kowalewskii;* s'il se forme bien effectivement un enté-

rocèle antérieur, impair et médian, qui aurait totalement échappé, notamment à Caldwell; si, enfin, les deux paires latérales d'ébauches mésoblastiques ont bien la valeur de diverticules cœlomiques.

L'auteur du mémoire a fort bien compris que c'était avant tout l'étude de l'Actinotroque qu'il importait de reprendre; il a fait usage à cet effet du même matériel qui a servi aux études de Masterman, l'Actinotroque de St Andrews. En s'adressant à cette forme, il s'est mis dans les conditions les plus favorables pour procéder à des recherches qui devaient être avant tout un travail de vérification, de contrôle et de critique. Ce qui ajoute à son mérite, c'est qu'il a eu la bonne fortune de joindre à ses études sur l'Actinotroque des recherches originales sur le Céphalodisque, cet organisme si profondément différent de tous ceux que l'on connaissait, qui n'a été trouvé qu'une seule fois, de telle sorte que tout ce que nous en savons repose exclusivement sur l'étude du matériel recueilli par l'expédition du *Challenger*.

Dès son début, l'auteur annonce qu'après une nouvelle étude de l'Actinotroque de St Andrews, il se trouve « d'ores et déjà en mesure d'affirmer que les assertions de Masterman sont absolument confirmées dans leurs grandes lignes ». Il les complète par la découverte d'une cavité sous-jacente au cerveau, close de toutes parts, qu'il compare à la « Herzblase » des *Balanoglossus*.

Mais si l'on étudie avec attention les descriptions des séries de coupes transversales et sagittales de la larve, ainsi que les photogrammes et les dessins de ces coupes, on ne tarde pas à s'apercevoir que la plupart des points qu'il eût été essentiel de vérifier n'ont pas été contrôlés; que les observations relatives à d'autres questions

sont tout à fait insuffisantes; que, parmi ces observations, il en est qui plaident fortement contre les assertions de Masterman et que la prétendue découverte d'une cavité péricardique est elle-même très loin d'être établie.

Si, d'un côté, l'existence d'une cloison complète, séparant la cavité collaire du métacèle, ressort avec évidence de l'examen de plusieurs figures, rien dans les recherches de l'auteur ne démontre la présence d'une cloison séparant complètement le procèle du mésocèle. Si une semblable cloison existait, elle devrait être apparente dans des coupes sagittales comme celles qui ont été représentées figures 1 et 4. Ces figures n'en montrent aucune trace. Aucune observation de l'auteur ne vient à l'appui des assertions de Masterman affirmant l'existence d'un mésentère collaire dorsal; les photogrammes tendant à établir l'existence de pores proboscidiens paraissent fort sujets à caution; ils représentent des coupes d'une larve dont le lobe préoral a subi des plissements, et les soi-disant pores de la trompe pourraient bien n'être que des apparences de canaux, si l'on s'en rapporte aux figures que l'auteur produit pour démontrer leur existence réelle (fig. 14 et 16).

Je conserve aussi des doutes sérieux quant à l'existence des entonnoirs ciliés multiples qui mettraient les canaux néphridiens en communication avec le mésocèle; il est difficile d'accorder aucune valeur démonstrative au photogramme (fig. 10) qui, d'après l'auteur, mettrait ce fait en lumière. Il paraît très étonnant que la masse des cellules globuleuses, adhérente à ces néphridies, n'ait été reconnue comme un amas de globules sanguins ni par Masterman ni par l'auteur anonyme, alors que la nature de ces globules ressort avec une grande probabilité, pour ne pas dire plus, d'un grand nombre d'observations anté-

rieures. La présence de globules sanguins libres dans le mésocèle est cependant un fait important à considérer quand il s'agit de déterminer la valeur anatomique probable de cette cavité.

Je ne puis m'empêcher de regretter à ce sujet que l'auteur n'ait fait aucune recherche nouvelle ni sur le développement de l'Actinotroque, ni sur sa métamorphose, et que la genèse du mésoblaste notamment n'ait pas été étudiée à nouveau. Il eût été très utile de rechercher ce que devient le mésocèle et d'élucider la question de savoir ce qu'il advient de ces grands amas de globules sanguins qui, chez la larve, adhèrent aux néphridies ou à d'autres points de la paroi de la cavité collaire.

L'auteur, dans plusieurs de ses figures, représente un léger diverticule de l'épiblaste, à l'entrée du stomodœum. Par sa position, il répond à peu près au ganglion central et à la limite entre le lobe préoral et le collier. Avec Masterman, l'auteur l'appelle la glande subneurale. Je me permets d'élever quelques doutes sur le bien fondé de cette détermination. Je ne trouve nulle part la preuve qu'il s'agisse là d'une glande. Aucune différenciation de l'épiblaste, dans les limites de ce diverticule, n'a été signalée; la forme de cette fossette n'est même pas bien déterminée, et il est permis de se demander si la prétendue glande n'est pas un simple repli de l'épiderme en relation avec la mobilité du lobe préoral.

L'auteur décrit et figure, conformément aux données de Masterman, les organes désignés par ce dernier sous le nom de pleurochordes. Si l'on fait abstraction de la vacuolisation de l'épithélium, on se demande en vain ce qui peut bien justifier l'assimilation de ces organes latéraux, débouchant dans l'entéron, à la notochorde des Vertébrés. Il me paraît fort hasardé de baser sur un

simple détail de structure histologique un rapprochement morphologique aussi inattendu. A ce compte, pourquoi les axes endodermiques des Hydroïdes ne sont-ils pas des notochordes? L'analogie entre la vacuolisation des cellules des prétendues pleurochordes et le tissu de la corde dorsale, tel qu'il se présente chez les Cyclostomes et les Ichthyopsides, paraît d'ailleurs assez lointaine. Et fût-elle même complète, il faudrait ne pas perdre de vue que ce tissu dit chordoïde manque totalement chez les Chordés inférieurs, chez l'Amphioxus et chez les Tuniciers, tant il est peu essentiel. Masterman et l'auteur anonyme admettent que, grâce à la vacuolisation de leur épithélium, les pleurochordes présentent une consistance particulière en raison de laquelle ils joueraient le rôle d'organes de soutien. Comment ont-ils fait pour apprécier cette consistance? Si même elle existait, on se demanderait ce que ces organes, proéminant dans le mésocèle, peuvent bien soutenir.

Roule a constaté que, chez l'espèce qu'il a étudiée, le *Phoronis Sabatieri*, au lieu des deux diverticules pleurochordaux, il n'en existe qu'un seul, situé sous le tube intestinal. Si l'on compare au névraxe des Chordés l'organe nerveux central de l'Actinotroque, des Rhabdopleures, Céphalodisques et Balanoglosses, la notochorde serait, dans les derniers groupes, non pas dorsale, mais sous-jacente au tube digestif.

Il est à peine besoin de s'arrêter à la constitution du système nerveux. Les données fournies par Masterman n'ont été de la part de l'auteur anonyme l'objet d'aucun travail de vérification, si l'on en excepte un examen assez superficiel du cerveau, en avant et sur les côtés duquel existerait réellement une fossette.

Quant au système vasculaire, l'auteur cherche à prouver

l'existence d'un sinus central et d'un sinus périanal. Mais je dois reconnaître que ni ses photogrammes ni ses descriptions ne m'ont convaincu. Les espaces observés entre l'épiblaste du métatroque et le mésoblaste pariétal et représentés dans les figures 1 et suivantes, peuvent être le résultat d'un décollement accidentel de l'épithélium cœlomique. Ce qui tend à prouver qu'il en est ainsi, c'est que, dans la coupe oblique représentée figure 5, il n'existe aucun espace entre les deux couches au niveau du métatroque, alors que c'est sous cet épaississement de l'épiblaste que le prétendu sinus devrait se trouver.

J'en viens à la partie des recherches de l'auteur qui concerne la découverte d'une cavité péricardique sous-jacente au cerveau et qui répondrait à la *Herzblase* des Balanoglosses. Tout d'abord, il ne me paraît pas prouvé qu'il s'agisse là d'une vésicule close. Si elle paraît telle dans les coupes transversales, encore faudrait-il que les coupes sagittales la montrassent également munie, tant en avant qu'en arrière, d'une paroi complète. Or le seul photogramme représentant une coupe sagittale de cette région, celui qui forme la figure 12, me paraît laisser du doute quant à l'existence d'une paroi antérieure. Je soupçonne que la cavité péricardique pourrait bien être cette formation qu'un travail tout récent sur l'organisation de l'Actinotroque décrit comme un récessus de la cavité préorale (1).

L'auteur consacre la seconde partie de son mémoire à la description de ce qu'il appelle le plexus central (mieux

---

(1) Iwaji Ikeda, *Observations on the Development, Structure and Metamorphosis of* Actinotrocha (Journ. of the College of Science, Imperial University). Tokyo, Japan, vol. XIII, 1901.

vaudrait dire le complexe central) du Céphalodisque. Il y fait connaître une série de faits nouveaux relatifs à l'anatomie de la région qui avoisine le cerveau et dans laquelle siègent les pores proboscidiens, la glande subneurale, le sinus central, la cavité péricardique et le glomérule.

Je veux croire que tout ce que l'auteur décrit a été bien observé et que la seconde partie du mémoire constitue une contribution importante à la connaissance du Céphalodisque. Je me rends bien compte de la valeur qu'il faut attribuer à toute découverte relative à l'organisation d'un être éminemment intéressant, que l'on n'aura peut-être plus d'ici à longtemps l'occasion d'observer. J'ai le plus vif désir de voir publier cette partie du mémoire et aussi la discussion, pleine d'idées originales, à laquelle l'auteur se livre, dans la troisième partie de son travail, sur les affinités des *Phoronis* avec les Rhabdopleures, les Céphalodisques et les Entéropneustes.

Mais il faut bien reconnaître que le mémoire ne répond pas à l'objet principal de la question posée. La partie du travail relative au développement et à l'organisation du *Phoronis* est faible et insuffisante. Je ne puis donc pas, à mon très vif regret, proposer de lui accorder le prix; mais j'estime que l'auteur a largement mérité une mention très honorable. »

MM. Plateau et Van Bambeke déclarent se rallier entièrement aux conclusions de ce rapport.

En conséquence, selon les usages académiques, l'auteur du mémoire est invité à faire savoir s'il accepte la mention très honorable qui lui a été votée.

—

QUATRIÈME QUESTION.

On demande de nouvelles recherches relatives à l'influence des facteurs externes sur la caryocinèse et la division cellulaire chez les végétaux.

Un mémoire portant pour devise : *Any change in temperatur leads to a change in the rate of growth* (B. DAVENPORT) a été reçu en réponse à cette question.

Rapport de M. Van Rambeke, premier commissaire.

« La Classe a reçu un mémoire en réponse à la quatrième question précitée des sciences naturelles. Il est intitulé : *Rechercher l'influence des facteurs externes sur la caryocinèse et la division cellulaire dans le règne végétal.* Le mémoire porte pour devise : *Any change in temperatur leads to a change in the rate of growth* (B. DAVENPORT.)

Dans une courte introduction, l'auteur fait d'abord remarquer que si le côté morphologique de la division nucléaire et de celle de la cellule a fait l'objet de nombreuses et minutieuses recherches, par contre, le côté physiologique de la question a été jusqu'ici à peine abordé; puis, après avoir rappelé les recherches expérimentales de Maupas, de L. Errera et de De Wildeman, il ajoute : « Il nous a paru que des expériences et des observations méthodiques et multiples faites sur un petit nombre d'objets convenablement choisis peuvent contribuer davantage à la solution de ces problèmes complexes, que des observations plus nombreuses mais nécessairement moins approfondies exécutées sur des organismes très divers. »

Aussi l'auteur s'est-il borné à l'étude de trois cas :

1° Un organisme unicellulaire très simple : *Chilomonas;*

2° La tige d'*Asparagus officinalis;*

3° La racine d'*Allium.*

Le mémoire est divisé en deux parties, mais deux parties de très inégale importance; en effet, alors que la première, consacrée à l'étude de *Chilomonas,* comprend vingt-cinq pages, la seconde, où il est question de la tige d'*Asparagus* et de la racine d'*Allium*, est écourtée au point de n'occuper que trois pages du mémoire. Ce sont, par conséquent, les recherches sur *Chilomonas paramaecium* qui forment la partie essentielle du travail soumis à notre examen.

Après des généralités sur *Chilomonas* où nous trouvons des détails sur la structure de ce flagellate, son mode de natation et de fixation, son irritabilité, sa division, l'auteur s'arrête assez longuement aux diverses cultures qu'il a essayées dans le but d'avoir continuellement des *Chilomonas* à sa disposition, et il nous fait connaître la méthode uniforme de numération adoptée dans ses expériences.

Un premier chapitre traite ensuite de l'influence de la température : *a*) sur la durée de la division; *b*) sur le nombre d'individus en division. Cette seconde partie du premier chapitre ne comprend pas moins de six séries d'expériences relatées avec tous les détails que comporte le sujet.

Dans un deuxième chapitre, l'auteur étudie l'influence de la lumière sur *Chilomonas.* Enfin, dans le troisième chapitre, qui termine la première partie de son travail, il s'occupe de l'influence, sur le même organisme, des agents chimiques et notamment de l'alcool.

Nous savons déjà que la seconde partie du mémoire est consacrée à des recherches sur l'influence des facteurs externes sur la caryocinèse chez *Asparagus* et *Allium*.

Les recherches concernant *Asparagus* ont été faites sur de jeunes pousses recueillies avant d'être sorties de terre, à différents moments du jour et de la nuit; ces jeunes pousses ont donc surtout été soumises aux variations de température que le sol a subies dans le courant de la journée. L'auteur a étudié deux spécimens pour chacune des températures auxquelles la récolte a été faite. Dans les coupes obtenues par lui, il considère en particulier chacun des tissus : méristème, sous-méristème, périblème, parenchyme et procambium.

Les recherches consacrées à la racine d'*Allium* nous renseignent brièvement sur l'influence négative de deux facteurs, lumière et température, sur la répartition de la caryocinèse chez cet objet.

« L'ensemble de nos expériences et de nos observations, dit l'auteur en tête de ses conclusions, prouve d'une manière indubitable que les conditions externes auraient, au moins chez certains organismes, une influence considérable sur le nombre et la vitesse des divisions cellulaires et nucléaires (*Chilomonas*, tige d'*Asparagus*), tandis qu'ailleurs le phénomène semble devenu beaucoup plus indépendant des conditions externes (racine d'*Allium*). »

Après avoir pris connaissance du travail, nous pouvons nous rallier sans réserve à cette manière de voir, en regrettant que les recherches portant sur des cellules végétales occupent si peu de place dans le mémoire, comparées à celles consacrées à *Chilomonas*, la question posée visant l'influence des facteurs externes sur la

caryocinèse et la division cellulaire dans le *règne végétal.*

Mais, tout en exprimant ce regret, nous reconnaissons volontiers que les expériences très nombreuses auxquelles l'auteur s'est livré ont été conduites avec infiniment de méthode et avec toute la rigueur scientifique voulue. Cela donne au travail une valeur incontestable et garantit l'exactitude des résultats qui y sont consignés.

Aussi proposons-nous à la Classe de couronner le mémoire soumis à notre examen. »

—

Rapport de M. Errera, deuxième commissaire.

« Je me rallie volontiers à la conclusion de mon savant confrère, M. Van Bambeke : comme lui, j'estime qu'il y a lieu de couronner le mémoire qui nous est soumis.

La somme de travail que ce mémoire représente est considérable et les résultats obtenus ne sont pas indignes d'un si grand effort. Je pense même qu'en plusieurs endroits l'auteur n'a pas tiré de ses chiffres tout ce qu'ils contiennent en puissance. Cette remarque s'applique, par exemple, aux données relatives à l'influence de la température sur la durée de la division cellulaire chez *Chilomonas* et de la quantité d'alcool sur le « temps de latence » chez le même organisme.

Parmi les faits les plus intéressants que l'auteur a découverts, il faut mentionner celui-ci : un échauffement graduel ne provoque pas la division cellulaire chez ce Flagellate, tandis qu'une brusque élévation de température produit très nettement cet effet.

Quant à la lumière, contrairement à la conclusion de

l'auteur, il me semble ressortir de ses chiffres qu'elle exerce une influence retardatrice sur la division de *Chilomonas*, influence légère sans doute, mais qui parait certaine, surtout lorsque la température n'est pas trop élevée.

L'honorable premier commissaire s'est demandé si les Flagellates peuvent bien être compris dans le règne végétal. Je crois pouvoir le rassurer complètement à cet égard : on ne saurait guère tracer de démarcation entre ces organismes et les Algues proprement dites, et les botanistes contemporains sont d'accord pour rattacher leur étude à celle des plantes inférieures. Les récentes éditions du *Traité* et des *Éléments* de M. Van Tieghem et les *Natürliche Pflanzenfamilien* de MM. Engler et feu Prantl sont d'accord sur ce point.

Comme mon savant Confrère, je trouve que les recherches de l'auteur sur la tige d'*Asparagus* auraient pu être plus complètes : des expériences faites dans des conditions variées de température, d'éclairage, etc., n'auraient certes pas été superflues. En revanche, pour la racine d'*Allium*, je suis d'avis que l'on ne peut faire à l'auteur un grief de sa concision : il suffisait de nous dire, comme il l'a fait, que les cultures soumises aux températures et aux conditions de lumière les plus diverses ne présentent pas de différence entre elles au point de vue de la caryocinèse.

Au total, c'est un travail original par la méthode et intéressant par ses résultats, dont il faudra tenir compte chaque fois que l'on étudiera la physiologie de la division cellulaire. »

—

Rapport de M. A. Gravis, troisième commissaire.

« Le rapport si complet du savant premier commissaire, M. Van Bambeke, fait connaître exactement le contenu du mémoire présenté en réponse à la quatrième question des sciences naturelles. Accentuant une constatation faite dans ce rapport, je ferai remarquer que les trois quarts du mémoire sont consacrés à la recherche de l'influence de la température sur la durée et sur le nombre des divisions cellulaires dans le *Chilomonas Paramœcium*. Cette partie du travail est très soignée : les conclusions que l'auteur tire de ses expériences semblent fondées.

Je ne puis en dire autant du reste du mémoire, qui témoigne d'une hâte excessive. Les expériences sur l'influence de la lumière et des agents chimiques sur la division du *Chilomonas*, de même que les expériences sur l'*Asparagus* et l'*Allium*, sont par trop sommaires : elles ne peuvent, à mon avis, justifier les résultats négatifs auxquels l'auteur est arrivé.

Le premier point à examiner lorsqu'il s'agit de juger un concours est celui de savoir si la réponse est adéquate à la question. Sans vouloir ouvrir une discussion oiseuse sur le point de savoir si le *Chilomonas Paramœcium* peut être rangé parmi les végétaux, je ne puis me dispenser de constater que la question posée vise le règne végétal et que le *Chilomonas* ne peut avoir la prétention de représenter à lui seul le règne végétal. L'auteur ne s'est occupé que de la durée et du nombre des divisions cellulaires et non de la caryocinèse; or l'énoncé de la question indique « caryocinèse » et « division cellulaire ». De plus, au point de vue de la division cellulaire, l'influence de

la température seule a été sérieusement recherchée; celle de la lumière n'a pas été élucidée; celle des agents chimiques (hormis l'action de l'alcool) a été complètement négligée, de même que celle de l'électricité, de la gravitation, etc.

Je conclus que le travail présenté ne répond pas suffisamment à l'énoncé du concours. Je ne puis, à mon très grand regret, proposer à la Classe de décerner à une œuvre aussi incomplète la plus haute récompense dont elle dispose.

En conséquence, je demande que la quatrième question des sciences naturelles soit maintenue au concours de l'an prochain, afin que l'auteur puisse, s'il le désire, compléter son œuvre. »

La Classe s'est ralliée à cette proposition. Elle a voté en même temps une *médaille d'argent* à l'auteur, Mlle Maria Maltaux, pharmacien à Laeken, laquelle a déclaré accepter cette récompense.

Prix Charles Lemaire

EN FAVEUR DE QUESTIONS RELATIVES AUX TRAVAUX PUBLICS.

(Cinquième période : 1899-1901.)

Extrait du testament mystique de Mlle Lemaire, en date du 28 novembre 1890, fondant un prix à la mémoire de son frère, ancien ingénieur des ponts et chaussées :

« Je donne à l'Académie des sciences de Belgique la » somme de *vingt-cinq mille francs* pour que les revenus » en soient affectés à la formation d'un prix qui sera

» décerné tous les deux ans, sous le nom de prix Charles
» Lemaire, à l'auteur du meilleur mémoire publié sur
» des questions relatives aux travaux publics. »

En conséquence, un prix de *quatorze cents francs* est attribué, pour la cinquième période de ce concours, à l'auteur du meilleur mémoire répondant au but de la fondation.

Seront seuls admis, les ouvrages présentés par des auteurs belges ou naturalisés. Ils devront être rédigés en français ou en flamand, et publiés en Belgique pendant la période du 1er juillet 1899 au 30 juin 1901.

Rapport des Commissaires-délégués, à Messieurs les Directeur, Secrétaire perpétuel et Membres de la Classe des sciences de l'Académie royale de Belgique.

MESSIEURS,

Deux d'entre nous ont eu l'honneur d'être désignés par vous, pour la troisième fois, afin de collaborer au choix à faire entre les ouvrages qui seraient présentés à la Classe des sciences pour l'obtention du *Prix Charles Lemaire*, attribué à la période 1899-1901. Le troisième commissaire-délégué, un collègue, a remplacé notre regretté et éminent camarade, M. l'ingénieur en chef directeur des ponts et chaussées Bovie, décédé le 14 janvier 1901, dont le savant concours nous avait été précieux (1).

Un seul ouvrage a été envoyé à la Classe des sciences.

---

(1) Le jury était composé de MM. Brialmont, président; De Beil, inspecteur général des ponts et chaussées; Van der Mensbrugghe; De Heen; Lambin, ingénieur des ponts et chaussées, secrétaire du

LE MÉMOIRE.

Ce travail, que nous avions lu déjà dans les *Annales des Travaux publics*, est intitulé : *Le béton armé et ses applications*, par Paul Christophe, ingénieur des ponts et chaussées.

L'auteur est connu de la Classe des sciences, qui lui a décerné déjà le *Prix Lemaire* pour la première période (1).

L'objet de son mémoire est l'un de ceux « qui s'appli- » quent avec le plus d'étendue aux différentes branches » des travaux publics » (2). L'emploi du béton armé se fait dans des limites que chaque jour élargit.

M. Christophe débute par un aperçu historique sur l'emploi du béton armé. Il en énumère et classe les différents systèmes. Il rassemble les données concernant la nature, la mise en œuvre des matériaux et le mode de construction des ouvrages.

Après avoir examiné consciencieusement les expériences faites sur les éléments du béton armé et sur ce complexe matériel lui-même, il termine son travail par une étude théorique dont il cherche à mettre les résultats en concordance avec ceux de l'expérience à l'aide

---

cabinet de M. le comte de Smet de Naeyer, Ministre des Finances et des Travaux publics, et Lagasse-de Locht, inspecteur général des ponts et chaussées, président de la Commission royale des monuments, *rapporteur*.

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 2e sér., t. XXVI, p. 717, 1893.

(2) *Ibid.* (Classe des sciences), n° 12, 1901.

d'hypothèses plausibles et de formules convenables. De la sorte, il détermine rationnellement et pratiquement les rapports existant entre les fatigues des éléments constitutifs du béton armé ainsi que les dimensions des ouvrages dans les divers cas de sollicitation.

L'œuvre est pleine d'érudition. Quoiqu'on puisse lui reprocher de s'attacher surtout à l'un des systèmes du béton armé, celui le plus souvent employé dans notre pays et même en France à cette heure, il faut reconnaître que l'ouvrage servira longtemps de *vade-mecum* aux ingénieurs et aux architectes chargés de réaliser les applications aujourd'hui si variées du béton armé. Au surplus, le système sur lequel l'auteur insiste plus particulièrement, appartient à une personnalité qui a beaucoup fait pour l'extension et la vulgarisation de l'emploi du béton armé.

Le travail soumis à l'Académie revêt incontestablement le caractère scientifique auquel la fondatrice, Mlle Adélaïde Lemaire, a subordonné l'octroi de sa généreuse et intelligente dotation. Offre-t-il les vues originales que nous avons recherchées chaque fois dans les ouvrages au sujet desquels nous avons été appelés depuis plusieurs années à émettre un jugement?

Nous ne le pensons pas. Ce serait, à notre sens, une raison suffisante pour ne point attribuer le prix à cet ouvrage si, d'une part, la Classe des sciences avait reçu un autre mémoire consacré à un sujet d'une aussi vaste application dans les travaux publics et si, d'autre part, un concurrent avait écrit, d'une façon non moins distinguée, sur le résultat d'études aussi objectives, mais offrant, en outre, une subjectivité d'ordre plus élevé.

CONCLUSION.

Dans ces conditions, nous sommes unanimement d'avis qu'il y a lieu d'attribuer le *Prix Charles Lemaire* au travail de M. P. Christophe. »

—

Rapport de M. le lieutenant général Brialmont.

« Le béton armé offrant des avantages que ne présente pas l'emploi séparé de la maçonnerie, du fer et de l'acier, a reçu, dans ces derniers temps, de nombreuses et importantes applications que M. Christophe expose et discute dans le chapitre II de son ouvrage. Un grand avenir est réservé à ce mode de construction. Or, jusqu'ici les ingénieurs et les architectes ne sont pas encore fixés sur les principes auxquels doivent satisfaire les travaux en béton armé. La plupart appliquent des règles empiriques dont quelques-unes sont basées sur des erreurs manifestes. Un ouvrage substituant à ces règles une théorie rationnelle déduite des propriétés du ciment, du fer et de l'acier, arriverait donc à propos et serait d'une grande utilité. Celui de M. Christophe présente ce caractère et sera consulté avec succès pour toutes les constructions civiles. L'ingénieur militaire seul y trouvera des lacunes, provenant de ce que les maçonneries des forteresses et des batteries de côte doivent pouvoir résister au choc et à l'explosion des obus-torpilles qui produisent des effets foudroyants, et de ce que l'on n'a fait jusqu'ici aucune expérience connue du public sur la résistance que présente le béton armé à ces obus.

La grande diversité des combinaisons et des applica-

tions auxquelles se prête l'emploi du béton armé est de nature à embarrasser l'ingénieur dans beaucoup de cas. Aussi, pour le mettre à même de faire un choix judicieux entre les nombreuses solutions du problème de la stabilité des pièces en béton armé, M. Christophe présente-t-il une méthode de calcul rationnelle et pratique qui offre les garanties d'exactitude nécessaires, parce que les formules pour le calcul de la compression, de l'extension et de la flexion des pièces sont basées sur les hypothèses les plus admissibles. L'auteur a tiré de ces formules des indications rationnelles sur la composition et la stabilité des murs, des piliers, des poutres, des pilotis, des plates-bandes, des planchers et des voûtes. Comme application de la théorie, il expose avec méthode et clarté tous les cas qui peuvent se présenter dans la pratique : piliers et murs, tuyaux supportant une pression intérieure ou extérieure, dalles et poutres rectangulaires, soumises à la flexion, poutres en T droit ou renversé, voûtes, etc.

Le béton armé présentant plus de raideur que le fer et permettant de réduire à une section trois à cinq fois moindre un pilier, un mur ou une voûte, construits en briques ordinaires, l'auteur en recommande l'emploi avec d'autant plus de confiance qu'on obtient ainsi, à égalité de résistance et de durée, des constructions moins lourdes que celles en maçonnerie, moins grêles que celles en fer et, dans certains cas, aussi moins coûteuses.

Dans le dernier chapitre de son livre, M. Christophe expose les avantages et les inconvénients que présente l'emploi du béton armé, comparé aux matériaux de construction usuels, et discute les objections qui ont été faites à l'emploi de ce béton.

Ces objections portent sur le grand nombre d'hypothèses qui servent de base aux calculs de stabilité et sur les qualités variables du béton.

M. Christophe fait observer, avec raison, que les calculs de la stabilité des constructions métalliques, dont l'emploi ne donne plus lieu à aucune objection, ne reposent pas sur un moindre nombre d'hypothèses. Quant à la variabilité du béton, elle ne donnerait lieu à des déceptions que si l'on adoptait pour toutes les constructions le même dosage, car les matériaux qui entrent dans sa composition varient d'une localité à l'autre. Il faut donc, pour chaque construction, régler le dosage d'après les qualités du ciment, du sable et des pierrailles, et ne l'adopter qu'après avoir constaté, par des éprouvettes, qu'il produit un béton offrant la résistance nécessaire à l'écrasement et à la flexion.

En résumé, je suis d'avis que M. Christophe a rendu service aux ingénieurs et aux architectes en publiant sa remarquable étude sur le béton armé, dans un moment où l'emploi de ce béton tend à se généraliser. Je propose, en conséquence, de décerner le prix Charles Lemaire à l'auteur de cette étude. »

MM. Van der Mensbrugghe et De Heen déclarent souscrire aux conclusions des rapports de MM. Lagasse-de Locht, Debeil et Lambin et de M. le lieutenant général Brialmont.

En conséquence, le prix Lemaire pour la cinquième période est décerné à M. Paul Christophe, ingénieur des ponts et chaussées, attaché à l'Administration centrale.

—

JUGEMENT DES CONCOURS ET ÉLECTIONS.

La Classe ratifie les propositions de ses commissaires qui ont examiné les mémoires soumis en réponse aux questions de son programme du concours annuel pour 1901, ainsi que de la Ve période (1899-1901) du prix Charles Lemaire, en faveur de questions relatives aux travaux publics.

La Classe procède ensuite aux élections pour les places vacantes.

Les résultats du jugement des concours ainsi que des élections seront proclamés en séance publique du mardi 17 décembre.

PRÉPARATIFS DE LA SÉANCE PUBLIQUE.

MM. le lieutenant général De Tilly et Fraipont donnent lecture, conformément à l'article 17 du règlement de la Classe, des pièces destinées à cette solennité.

CLASSE DES SCIENCES.

Séance publique du 17 décembre 1901.

M. le lieutenant général Jos. De Tilly, directeur.

M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Éd. Van Beneden, *vice-directeur;* G. Dewalque, Éd. Dupont, C. Malaise, F. Folie, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, Louis Henry, M. Mourlon, P. Mansion, P. De Heen, C. Le Paige, F. Terby, Léon Fredericq, A. Lancaster, L. Errera, *membres;* Ch. de la Vallée Poussin, *associé;* Julien Fraipont, Pol. Francotte, Paul Pelseneer et A. Gravis, *correspondants.*

Assistent à la séance :

Classe des lettres et des sciences morales et politiques. — MM. T.-J. Lamy, A. Giron et Ern. Discailles, *membres.*

Classe des beaux-arts. — MM. G. De Groot, Gustave Biot, Henri Hymans, G. Huberti, Ch. Tardieu, J. Winders et Ém. Janlet, *membres;* Louis Lenain, *correspondant.*

M. le lieutenant général De Tilly, après avoir déclaré la séance ouverte, donne lecture de son discours intitulé : *Sur divers points de la philosophie des sciences mathématiques* (1).

MESDAMES, MESSIEURS,

Les dernières années ont vu surgir un grand nombre de Congrès, dont plusieurs ont été tenus à Paris, à l'occasion de l'Exposition universelle qui a marqué la fin du XIXe siècle.

Les organisateurs de ces Congrès, auxquels ont participé un grand nombre d'hommes éminents, voulaient prouver au monde que l'Exposition n'était pas seulement destinée à la glorification des progrès matériels, mais aussi à la constatation et à la diffusion du progrès des idées.

Parmi tous ceux d'entre nous qui pourraient accomplir la tâche de résumer et d'apprécier les résultats obtenus, c'est peut-être moi qui ai le moins de titres à en être chargé ; mais l'obligation où je me trouve aujourd'hui de lire un discours en séance publique, en ma qualité de Directeur de la Classe, et la difficulté pour celui qui s'occupe surtout des mathématiques pures, de trouver un sujet approprié à la circonstance, serviront d'excuses à l'insuffisance de l'exposé que je vais faire des discussions

(1) Les parties les plus abstraites de ce discours ont été supprimées lors de la lecture en séance publique.

d'un Congrès auquel je me suis particulièrement intéressé : celui de Philosophie.

Quelques-uns de mes confrères, ceux surtout dont la carrière a été principalement consacrée à l'étude et à l'enseignement de la philosophie, se demanderont peut-être de quel droit je me considère comme philosophe. Hélas! je me le suis demandé moi-même en lisant certaines parties des comptes rendus du Congrès, qui sont absolument au-dessus de ma portée et inintelligibles pour moi; pour moi et pour d'autres, mais non pour tout le monde, car je n'ai pas la manie ridicule de restreindre les autres intelligences aux limites de la mienne. C'est donc à d'autres qu'il appartiendrait de vous parler de la philosophie en général. Celui qui a l'honneur de vous entretenir en ce moment, n'est qu'un philosophe d'ordre inférieur, comme il l'indiquait lui-même dans le discours prononcé il y a aujourd'hui quatorze ans, en des circonstances semblables, par les paroles suivantes : « Pratiquons cette philosophie simple et sincère, qui consiste à ne pas se payer de mots et à aller toujours au fond des idées (1). »

C'est ce qu'exprimait aussi, en termes plus heureux, le président du Congrès de Philosophie, M. Boutroux, lorsque, dans la séance de clôture, il constatait que les représentants de la logique des sciences s'étaient attachés, avec une pénétration croissante, à faire, en mathématiques, le départ exact de ce qui appartient à l'intui-

---

(1) De Tilly, *Sur les notions de force, d'accélération et d'énergie en mécanique*, 1887 (t. XIV des Bulletins de l'Académie royale de Belgique, 3e série), p. 41.

tion et de ce qui est de pure analyse, de pure logique (1).

Moi aussi, je n'appliquais les expressions que je viens de rappeler qu'aux sciences mathématiques et physiques, et c'est à elles encore que je dois restreindre mes réflexions sur les travaux du Congrès de Philosophie.

J'avais été invité à ce Congrès et je m'étais engagé à lui présenter un mémoire sur divers points de la Philosophie des sciences mathématiques (2).

Mais j'en ai été empêché par des événements imprévus, qui sont venus troubler la fin de ma carrière et m'ont obligé à faire preuve d'une philosophie autre que celle du Congrès.

Ce dernier a fait paraître maintenant le compte rendu détaillé de ses travaux, au moins pour les parties qu'il m'est permis d'aborder (3), et j'ai été heureux d'y trouver, beaucoup mieux exposées que je ne pourrais le faire, un grand nombre d'idées que je partage entièrement. L'autorité de ce Congrès, comprenant, on peut le dire, plusieurs des savants et des penseurs les plus éminents de l'époque, contribuera à faire classer définitivement ces idées parmi celles qui ne se discutent plus. Sur d'autres points, au contraire, mais en petit nombre, j'aurais pu, si j'avais assisté au Congrès, faire des réserves et proposer des formules légèrement différentes. Il n'est pas trop tard

---

(1) *Revue de métaphysique et de morale*, 8e année, n° 5 (numéro spécialement réservé au Congrès de Philosophie), septembre 1900.

(2) *Prospectus du Congrès international de Philosophie de Paris*, 15 mars 1900, p. 7.

(3) *Revue de métaphysique*, déjà citée, et *Bibliothèque du Congrès de Philosophie*, t. III.

pour le faire avec quelque espoir d'utilité, et j'ai cru pouvoir saisir l'occasion actuelle de faire connaître mes vues complémentaires. C'est pourquoi j'ai donné à ce discours le titre même que j'avais choisi pour ma communication à Paris.

L'utilité réelle des congrès et des associations de savants en général a été fortement discutée. Il est certain que les découvertes les plus glorieuses et les plus utiles à l'humanité ont été faites par des savants travaillant isolément et non par des associations.

Descartes a dit qu'il n'y a pas tant de perfection dans les ouvrages composés de plusieurs pièces et faits de la main de divers maîtres qu'en ceux auxquels un seul a travaillé (1). Mais, d'autre part, tandis que les savants se voient, qu'ils confèrent, qu'ils cherchent et réfléchissent ensemble, ils sentent peu à peu se disjoindre et s'ouvrir de toutes parts l'enveloppe épaisse et comme matérielle qui séparait leur « moi » de celui des autres (2).

Le Congrès de Philosophie, en ce qui concerne les sciences et spécialement les parties dont l'appréciation m'est possible, a examiné quatre grandes questions :

Les principes de la géométrie;

Les principes de la mécanique ;

Le déterminisme mécanique ou physique;

Le calcul des probabilités.

Réservant le calcul des probabilités pour une communication ultérieure, je ne parlerai aujourd'hui que de la géométrie, de la mécanique et du déterminisme.

---

(1) Boutroux, *Revue de métaphysique*, p. 509.

(2) Idem, *Ibid.*, p. 510.

I. — Géométrie.

L'objet principal de la géométrie est la recherche des relations entre les intervalles des couples de points situés dans l'espace. Toutes les formules, tous les théorèmes de la géométrie peuvent se réduire, en effet, à des relations entre ces intervalles, parce que les autres idées qui y figurent en apparence ne sont que conventionnelles, tandis que l'intervalle entre deux points est une idée absolue et irréductible.

J'en ai donné, dans mes ouvrages, des exemples assez frappants, montrant que l'idée d'angle, notamment, est conventionnelle. Il en est de même des idées d'aire et de volume (1).

La géométrie n'étant que la science des intervalles et l'intervalle lui-même n'étant à priori qu'un nombre caractérisant un couple de points, on peut imaginer d'abord un système de géométrie dans lequel tous les intervalles seraient arbitraires.

Prenons, par exemple, 1000 points dans l'espace, lesquels auront entre eux 499500 intervalles. Puis choisissons 499500 nombres au hasard, et attribuons l'un de ces nombres à chacun des intervalles. Imaginons ensuite que l'imposition d'un nombre à chaque intervalle soit

---

(1) De Tilly, *Essai sur les principes fondamentaux de la géométrie et de la mécanique*, 1878 (t. III, 2e série, des Mémoires de la Société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux). — Idem, *Essai de géométrie analytique générale*, 1892 (tome XLVII des Mémoires couronnés et autres mémoires publiés par l'Académie royale de Belgique).

continuée, sinon pour tous les points de l'espace, du moins pour tous ceux que l'on aura à considérer spécialement dans le cours d'une opération déterminée. On aurait ainsi un système complet de géométrie. Mais ce serait une géométrie rudimentaire, se réduisant à un catalogue des intervalles des points de l'espace et sans relations possibles entre ces intervalles, puisque ceux-ci ont été choisis au hasard.

Si l'on veut qu'il existe une géométrie dans le sens ordinaire du mot, c'est-à-dire une géométrie comprenant des relations, des formules entre les intervalles, il faut donc se poser le problème suivant :

Choisir les nombres correspondant aux intervalles des couples de points de l'espace, non plus d'une façon tout à fait arbitraire, mais de manière qu'il puisse exister entre ces nombres des relations générales, d'ailleurs quelconques.

Et si le problème ainsi posé, sans introduction d'aucune condition supplémentaire, sans aucun appel à l'expérience, conduisait à une solution déterminée, dans laquelle il ne resterait plus ensuite qu'à fixer la valeur d'une constante pour retrouver les formules connues de la géométrie, il me semble que la philosophie des sciences mathématiques aurait fait un pas décisif.

C'est ce que j'ai réalisé dans mon *Essai de géométrie analytique générale*, datant de 1892, ouvrage dont je ne puis donner ici qu'un aperçu très sommaire.

Le point de départ était donc celui-ci : Si nous voulons qu'il existe une géométrie théorique, nous devons admettre qu'on ne puisse pas augmenter indéfiniment le nombre des points de l'espace, en laissant *tous* les intervalles arbitraires. On devra donc s'arrêter à un

nombre n de points à partir duquel il existera au moins une relation entre les $\frac{n(n-1)}{2}$ intervalles correspondants.

De plus, si l'on veut que les formules de la géométrie soient non pas locales, mais applicables à l'espace tout entier, il faudra, non seulement que le nombre n soit le même dans tout l'espace, mais encore que la relation ou les relations entre les $\frac{n(n-1)}{2}$ intervalles soient aussi les mêmes.

Lorsque le nombre de points à partir duquel les intervalles ne sont plus tous arbitraires est égal à n, on dit que la géométrie est de la $n-2^e$ espèce ou à $n-2$ dimensions, et l'on démontre qu'il existe alors entre les $\frac{n(n-1)}{2}$ intervalles de n points une seule relation analytique, nécessairement symétrique par rapport aux intervalles.

C'est cette relation dont il faut chercher la forme, d'après la seule condition qu'elle puisse exister sans contradiction pour tous les groupes de n points dont on peut remplir l'espace.

Dans l'ouvrage précité, j'ai choisi, soit comme adaptation à la géométrie de l'espace réel, soit simplement comme exemple d'un espace quelconque, le cas de $n = 5$, $n - 2 = 3$, c'est-à-dire la géométrie à trois dimensions. On trouve alors, pour la relation qui doit exister entre cinq points, une condition de possibilité que j'ai appelée la condition des six points et qui, dans un espace à n dimensions, deviendrait la condition des $n + 3$ points.

La nécessité de cette condition est quelquefois méconnue par des généralisateurs, qui s'imaginent pouvoir construire une géométrie en partant d'hypothèses quelconques.

Au moyen de la condition des six points, nécessaire et suffisante pour l'établissement d'une géométrie à trois dimensions, je suis arrivé à établir successivement les trois systèmes logiquement possibles d'Euclide, de Lobatchefsky et de Riemann.

Je n'ai fait ainsi, d'ailleurs, que de la géométrie *instantanée*. Dès que l'on veut passer à une vérification ou à une application quelconque, il faut introduire l'idée du temps et celle des corps solides.

J'ai conclu en signalant une fois de plus l'erreur des esprits attardés qui croient pouvoir trouver des démonstrations théoriques des principes expérimentaux de la géométrie ordinaire, et en particulier du plus célèbre de tous : le principe de la parallèle unique, équivalent au postulatum d'Euclide.

Les systèmes de géométrie théoriquement possibles sont en nombre infini, bien qu'ordinairement divisés en trois classes ou espèces; et pour distinguer entre eux, ou même pour écarter un seul de ces systèmes, il faut invoquer l'expérience.

Or le principe de la parallèle unique n'est vrai que dans un de ces groupes; dans un autre, il y a deux parallèles (ou une infinité, selon la manière de l'entendre); dans le troisième, le parallélisme est impossible.

Démontrer ce principe sans invoquer l'expérience équivaudrait donc à démontrer l'impossibilité, même théorique, des systèmes où ce principe n'existe pas, c'est-à-dire à démontrer le contraire de ce qui a été établi analytiquement dans mon mémoire.

Quelle que fût, en effet, la forme de la démonstration, elle pourrait toujours être transformée dans les notations que j'ai employées, et en la comparant avec mes calculs,

on aboutirait finalement à une contradiction, ou à la découverte d'une erreur matérielle.

Il y a donc lieu d'abandonner de pareilles tentatives, et de reconnaître à la géométrie usuelle son véritable caractère, qui est de constituer le plus simple des systèmes de géométrie théoriquement possibles, en même temps qu'elle s'accorde avec tous les résultats de l'expérience.

Au Congrès de Paris, le problème de l'origine des vérités géométriques ne me paraît pas avoir fait de progrès sérieux. Il me semble que ceux qui en ont parlé se sont écartés des voies de la science positive pour aborder les idées métaphysiques, dont je me préserve avec tant de soin dans le domaine scientifique.

Je ferai à ce sujet une déclaration, qui n'est pas nouvelle d'ailleurs, mais qu'il faudra se rappeler en jugeant les appréciations que je vais émettre sur les deux mémoires géométriques de MM. Russell et Lechalas. Je possède une certaine faculté d'abstraction, trop d'après quelques-uns, pas assez d'après d'autres. Mais, dans tous les cas, j'ai dit (1) et je répète que je ne conteste nullement la possibilité d'établir des théories plus abstraites que les miennes. C'est au seul point de vue des miennes que j'apprécie provisoirement et dubitativement les autres.

M. Russell, discutant la théorie de la relativité de l'espace, s'exprime ainsi : « Elle soutient que la position d'un point n'est que l'ensemble de ses distances à d'autres

---

(1) De Tilly, *Essai de géométrie analytique générale*, déjà cité, pp. 33 et 36.

points, ce qui suppose que la seule relation qui puisse exister entre deux points est leur distance. Or, cela est faux, ils ont une autre relation qui est la direction de la droite (projective) qui les joint. Sans cela, il n'y a pas moyen de concevoir l'angle, qui est une relation entre deux directions, non entre deux distances (1). »

Dans ma manière de voir, il y a là autant d'erreurs que de mots. Je me bornerai à faire observer que si l'angle n'est pas une relation entre deux distances, il est une relation entre trois distances, et qu'on démontre que cette relation est déterminée, si toutefois une géométrie quelconque est possible.

M. Lechalas, dans un mémoire sur la comparabilité des divers espaces (2), veut prouver, entre autres choses, l'identité du plan de Riemann avec la sphère d'Euclide.

Je vois bien que si l'espace est riemannien (ce que j'ignore), les plans de cet espace sont des sphères (même de rayon déterminé), mais alors il faudrait dire, comme je l'ai dit si souvent (3), que le plan riemannien est une sphère *riemannienne*.

Aussi n'est-ce pas de cette manière que l'entend l'auteur. « Il suffit », dit-il, « de se placer dans un espace euclidien à quatre dimensions. »

C'est ici que mon esprit d'abstraction est peut-être insuffisant. Pour moi, comme pour M. Hadamard,

---

(1) Russell, *L'idée d'ordre et la position absolue dans l'espace et le temps*, Bibliothèque du Congrès, déjà citée, pp. 241 à 277.

(2) Lechalas, *De la comparabilité des divers espaces*, *Ibid.*, pp. 425 à 439.

(3) De Tilly, *Essai sur les principes fondamentaux*, déjà cité.

l'espace à quatre dimensions n'est qu'un ensemble analytique et la géométrie générale (notamment la géométrie à plus de trois dimensions) n'est qu'une interprétation géométrique, d'ailleurs légitime, de faits et de formules analytiques (1).

Dans l'espace à quatre dimensions, les points sont des groupes de quatre nombres, appelés coordonnées; la distance de deux points est une fonction des huit coordonnées, et elle doit satisfaire à la condition des sept points pour qu'une pareille géométrie soit possible, même dans l'analyse seulement. Si alors on trouve deux équations entre les quatre coordonnées, telles que tous les couples de groupes répondant à l'une aient leur distance exprimée comme dans la géométrie de Riemann, et tous les couples répondant à l'autre comme dans la géométrie d'Euclide; si, de plus, les couples de groupes répondant à la fois aux deux équations ont une distance exprimée comme sur le plan de Riemann (et sur la sphère de Riemann ou d'Euclide), alors je dirai que l'assertion de M. Lechalas a un sens précis et je l'adopterai.

---

(1) HADAMARD, *Revue de métaphysique*, p. 645.

II. — Mécanique.

M. Jules Tannery a exprimé, au Congrès de Paris, l'idée suivante : Après ce qui a été fait sur les fondements de la géométrie, toutes les espérances semblent légitimes. Quelles surprises ne nous réserve pas l'étude des principes de la mécanique (1)? L'auteur ne répond pas à cette question, et il serait sans doute difficile d'y répondre aujourd'hui. Mais il est permis de supposer qu'il n'en sera pas de la mécanique comme de la géométrie. Si, dans cette dernière science, des découvertes réelles ont été faites par l'étude approfondie des premiers principes, c'est précisément parce qu'il fallait lever les doutes qui existaient dans l'esprit des savants sur l'origine même de ces principes et distinguer, comme le disait si bien M. Boutroux, la part de l'intuition ou de l'expérience et la part de la logique ou du raisonnement pur.

L'accord est aujourd'hui établi sur les principes de la géométrie, mais sur ceux de la mécanique il l'était depuis longtemps, sauf des divergences de détail et d'exposition. Nul ne doute que ces principes sont d'ordre expérimental, ou du moins qu'ils constituent des hypothèses dont l'expérience a fourni la première idée.

Le stimulant qui encourageait en géométrie des recherches très abstraites fait ici défaut. On pourra bien, et on l'a déjà fait (2), prolonger jusqu'à la mécanique

---

(1) Tannery, *Revue de métaphysique*, p. 539.

(2) De Tilly, *Études de mécanique abstraite*, 1868 (t. XXI des Mémoires couronnés et autres mémoires publiés par l'Académie royale de Belgique).

Lindemann, *Ueber unendlich klein Bewegungen starrer Körper bei*

inclusivement les hypothèses géométriques différentes de l'hypothèse usuelle; on pourra aussi généraliser les principes mêmes de la mécanique rationnelle; mais rien ne prouve que ces généralisations géométriques ou mécaniques ne seront pas stériles; qu'elles produiront jamais autre chose que des théorèmes d'analyse, qui ne seront probablement pas ceux dont l'analyse aurait le plus besoin pour ses progrès ultérieurs.

J'ai dit que l'expérience est la base des principes en mécanique comme en géométrie et que cela est reconnu depuis plus longtemps en mécanique qu'en géométrie. On peut ajouter qu'en mécanique l'expérience est moins directe et accompagnée davantage d'intuition et d'idéalisation.

D'abord ce que l'on peut vérifier en mécanique, c'est l'ensemble des principes et non chaque principe séparément (1).

Ensuite, les principes se rapportant toujours à un nombre limité de masses, il faut supposer que le système soit isolé, ce qui n'est pas réalisable.

M. Poincaré dit à ce propos : « ... nous ne pouvons pas

---

allgemeiner projectivischer Massbestimmung (MATHEMATISCHE ANNALEN, VII. Band, 1874).

KILLING, *Die Mechanik in den nicht-euklidischen Raumformen* (JOURNAL FÜR DIE REINE UND ANGEWANDTE MATHEMATIK, XCVIII. Band, 1885).

HEATH, *On the dynamics of a rigid body in elliptic space* (PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS OF THE ROYAL SOCIETY OF LONDON for the year 1884).

DOMENICO DE FRANCESCO, *Alcuni problemi di Meccanica in uno spazio a tre dimenzioni di curvature constante* (vol. X, seria secunda, ATTI DELLA R. ACCADEMIA DELLE SCIENZE FIS. E MAT. DI NAPOLI, 1900).

(1) DUHEM et HADAMARD, *Revue de métaphysique*, p. 559.

vérifier l'axiome en question, parce que nous ne possédons pas de système isolé. Il est à peu près vrai pour des systèmes à peu près isolés, mais la question de savoir s'il est rigoureusement vrai pour des systèmes rigoureusement isolés n'a pas de sens. »

Il conclut que les principes de la mécanique sont d'un côté des vérités fondées sur l'expérience et d'un autre côté des postulats universels et à priori. En définitive, ce sont, d'après lui, des conventions, non pas absolument arbitraires, mais commodes, c'est-à-dire appropriées à l'expérience. Ainsi s'explique que l'expérience ait pu édifier ou suggérer les principes de la mécanique, mais qu'elle ne pourra jamais les renverser (1).

La dernière conclusion est peut-être un peu hardie, mais dans leur ensemble les idées que l'auteur émet ici peuvent certainement être acceptées.

Une science exacte se compose essentiellement de deux parties distinctes : l'une, qui est fondée sur l'observation et l'expérience, consiste à rassembler des faits et à en déduire, par induction, les lois et les principes qui serviront de base à la science; l'autre, qui n'est qu'une branche de la logique générale, s'occupe de combiner ces principes fondamentaux, de manière à en déduire la représentation des faits observés et à prédire en outre des faits nouveaux (2).

M. Poincaré est plus hardi encore lorsqu'il émet l'assertion suivante :

« En ce qui concerne le principe de l'indépendance des

---

(1) Poincaré, *Revue de métaphysique*, p. 557.

(2) Hoüel, *Du rôle de l'expérience dans les sciences exactes*. Prague, 1875.

efforts des forces, il n'est pas vrai. Si un morceau de fer est soumis à l'action simultanée d'un aimant et d'un autre morceau de fer, l'effet qu'il éprouve n'est pas la somme géométrique de ceux que lui feraient éprouver séparément ce morceau de fer et cet aimant. Le principe ne peut être sauvé que par un coup de pouce : on dit que le second morceau de fer est modifié par la présence de l'aimant (1). »

Selon moi, non seulement « on dit » cela, mais on a de fortes raisons de le croire. On peut espérer même que la physique expérimentale trouvera le moyen de supprimer l'action réciproque de l'aimant et du second morceau de fer et de prouver ainsi que c'était bien cette action réciproque qui altérait l'effet produit sur le premier morceau de fer.

Les idées de M. Poincaré ont d'ailleurs été combattues, au Congrès même, par MM. Painlevé, Hadamard, Aars et Ribert. Je me bornerai à mentionner quelques observations de M. Painlevé, à la suite desquelles la question a pu être considérée comme résolue, M. Poincaré reconnaissant qu'il n'y a pas entre lui et M. Painlevé de désaccord véritable.

Ce dernier géomètre, sans contester la justesse du fond, trouve que les conclusions de M. Poincaré sont d'un scepticisme excessif. Les principes de la mécanique sont *imposés* par l'expérience; ils sont la *quintessence* d'innombrables expériences, grossières ou précises; et quand ils semblent tomber en défaut, les faits nouveaux qu'on est obligé d'introduire pour combler l'écart se prêtent d'eux-

---

(1) POINCARÉ, *Revue de métaphysique*, p. 560.

mêmes à une théorie scientifique, c'est-à-dire se soumettent au principe de causalité; en un mot, ils apparaissent comme des phénomènes *vrais*, non comme des fantômes ou des fictions. Au contraire, il suffit de remplacer un seul des principes par un principe différent, pour être submergé par des complications innombrables dans l'étude des faits les plus simples.

M. Painlevé conçoit la science physique comme une méthode d'approximations successives, orientée au début par l'empirisme et guidée par quelques principes généraux d'origine expérimentale.

La *convergence* de cette méthode n'est pas garantie *a priori*, mais bien justifiée par le succès, par l'accord de plus en plus naturel et parfait des théories avec la réalité. Dans la recherche des lois de la nature, c'est la divergence et la complication croissantes qui avertissent qu'on s'égare (1).

Enfin on peut dire, en mécanique comme en géométrie, que la vérification des lois hypothétiques de la science ne prouve pas d'une manière absolue la vérité de ces lois.

Cette idée n'a pas été développée au Congrès, mais c'est encore M. Poincaré qui lui a donné, dans un de ses ouvrages, une de ces formes lumineuses et tranchantes que ce grand esprit affectionne.

Si un phénomène comporte une explication mécanique complète, il en comportera une infinité d'autres, qui rendront également bien compte de toutes les particularités révélées par l'expérience (2).

---

(1) Painlevé, *Revue de métaphysique*, p. 558.

(2) Poincaré, *Électricité et optique*, les théories de Maxwell. (Introduction, p. xiv.)

En géométrie, le doute proviendrait des erreurs inévitables dans les mesures. En mécanique, il y a encore d'autres causes d'indétermination. Nous reviendrons sur ce point à propos du déterminisme physique.

Toutes les explications relatives à l'assimilation plus ou moins complète des principes de la mécanique à ceux de la géométrie, assimilation dont avait parlé M. Tannery, constituent en divers points la paraphrase d'un mémoire de M. Poincaré sur les principes de la mécanique, inséré dans le tome III de la *Bibliothèque du Congrès* (1).

J'en reparlerai à propos des masses et des forces, auxquelles il est principalement consacré.

Mais pour relier entre elles les autres idées qui ont été émises au sujet de la mécanique, je prendrai comme point de départ l'exposé de M. Blondlot, publié dans le même volume et sous le même titre (2).

L'auteur énonce d'abord les trois principes suivants :

1. Tout point matériel supposé seul ne prendrait aucune accélération.

2. Deux points matériels déterminent l'un sur l'autre des accélérations dirigées suivant la droite qui les joint et en sens opposés.

3. Le rapport des valeurs numériques des accélérations que deux points matériels A et B exercent l'un sur l'autre est constant, c'est-à-dire qu'il est déterminé pour ces points, indépendamment de toute autre condition.

Il fait ensuite à ce troisième principe l'adjonction sui-

---

(1) Poincaré, *Mémoire sur les principes de la mécanique*, t. III de la Bibliothèque du Congrès, pp. 457 à 494.

(2) Blondlot, *Mémoire sur les principes de la mécanique*, t. III de la Bibliothèque du Congrès, pp. 445 à 455.

vante : Le rapport des accélérations que deux points quelconques P et Q déterminent l'un sur l'autre est égal au rapport d'accélération de P et d'un autre point quelconque tel que A, divisé par le rapport d'accélération de Q et de A.

Il en déduit la définition de la masse. Puis il énonce le quatrième principe, qui pourrait d'ailleurs être énoncé avant la définition de la masse, car il en est indépendant.

4. L'accélération que détermine sur un point matériel quelconque K l'ensemble de plusieurs points matériels A, B, C,... s'obtient en composant, d'après la règle de la composition des vecteurs, les accélérations que déterminent isolément les points A, B, C,... agissant successivement sur le point K.

Enfin l'auteur dit qu'il y a avantage, afin d'abréger, de faire la convention suivante : Lorsqu'un point A, de masse m, éprouve une certaine accélération j, déterminée par la présence de un ou plusieurs points matériels, nous dirons conventionnellement que A est soumis, de la part de ce ou de ces points, à une force égale à mj, en grandeur, en direction et en sens.

Ces principes sont parfaitement énoncés et suffisent à établir très clairement un cours de mécanique rationnelle. Je me permettrai cependant à ce sujet les observations suivantes :

Dans toute la mécanique ainsi établie, il ne s'agira que des forces ou des accélérations provenant de l'action des points matériels les uns sur les autres. Est-on bien sûr qu'il n'existe pas d'autres forces, d'autres causes d'accélération? Je n'insiste pas, parce que cela me conduirait à la question du déterminisme, qui doit former un article séparé. Je me borne à observer ici que pour faire

disparaître l'objection, il suffirait de modifier très légèrement les principes 1 et 4. Peut-être la modification du principe 1 équivaudrait-elle à le supprimer.

Je ne dirai rien non plus, en ce moment, de la définition de la masse, si ce n'est qu'en considérant les principes 2 et 3, non plus comme de simples hypothèses, mais comme des hypothèses vérifiables par l'expérience, cette expérience sera beaucoup plus difficile à réaliser que si l'on employait, comme dans la plupart des traités, l'idée préalable de force pour définir la masse. Au point de vue purement logique, au contraire, je donne raison à M. Blondlot, sauf cependant à tenir compte dans tous ses énoncés de la critique principale que je vais exposer.

Cette critique porte sur l'assertion qui suit immédiatement les principes dans le résumé du savant professeur : « Ces prémisses posées, leur développement ne différera en rien de la mécanique rationnelle classique, puisque le point de départ formel est le même dans les deux cas, à savoir l'égalité $F = mj$. »

Oui, à la condition de supprimer un chapitre de la mécanique rationnelle et non le moins intéressant : le mouvement relatif.

Si vous ne supprimez pas ce chapitre, vous trouverez que relativement au système S′, différent du système S, qui représente le système de référence de M. Blondlot, la règle de la composition des accélérations est différente de ce qu'elle est dans le système S. Cela arrive aussi dans la mécanique ordinaire, mais là le fait n'a rien d'anormal. On part en réalité d'un système immobile (qu'on le définisse bien ou mal, ou pas du tout), lequel peut jouir de propriétés spéciales, et où la règle de la composition des accélérations est plus simple que dans les autres systèmes.

Avec l'exposition de M. Blondlot au contraire, S et S' sont tous les deux des systèmes arbitraires, et il y a contradiction à trouver une règle différente de composition des accélérations pour S' que pour S.

Cela implique que S n'est pas absolument arbitraire, mais a quelque chose de spécial, qui ressemble beaucoup à l'immobilité.

C'est d'ailleurs aussi à cause de cette circonstance, implicitement invoquée, que l'on a pu admettre, pour le système S, les principes 2 et 3, lesquels ne peuvent absolument pas se maintenir par rapport au système S'. Je crois m'accorder complètement ici avec M. Lechalas (1).

Un physicien anglais, Tait, a dit que l'on peut tout admettre, tant qu'on ne fait pas d'expériences. Bien que j'aie cité cet aphorisme dans un de mes ouvrages, parce qu'il est présenté sous une forme brève et frappante, je crois que pour le rendre complètement exact, il faut le modifier quelque peu.

Tant que l'on ne fait pas d'expériences, on peut admettre toutes les propositions qui ne sont pas contradictoires entre elles. Or l'admission de la règle du parallélogramme, relativement à un système quelconque, implique contradiction (2).

Mais, me dira-t-on, dans le chapitre de la mécanique ordinaire où l'on traite du mouvement relatif, on ne s'occupe pas de la composition des accélérations par rapport

---

(1) LECHALAS. *Revue des questions scientifiques*, octobre 1901, pp. 582 à 583

(2) DE TILLY, *Note sur les principes fondamentaux de la mécanique*, 1901 t. XXV des ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES).

à un système quelconque. On compose d'abord toutes les accélérations entre elles, par la règle du principe 4 ou du parallélogramme, dans le système principal, puis, par le théorème de Coriolis, on arrive directement à la résultante dans le système secondaire, en retranchant une seule fois l'accélération d'entraînement et l'accélération centrifuge composée.

On a raison d'agir ainsi, puisque c'est la méthode la plus courte, mais on arriverait identiquement au même résultat en transportant chacune des accélérations dans le système secondaire, et en composant ensuite les accélérations dans ce système secondaire, d'après la règle spéciale à ce système.

Or dans la méthode de M. Blondlot, on ne pourra s'empêcher de trouver étonnant que la règle de composition des accélérations ne soit pas la même dans deux systèmes S et S', qui tous les deux sont *quelconques*.

Voilà la raison qui m'engagerait à placer au début de la mécanique l'idée du système de comparaison immobile, soit comme notion première non définie, soit plutôt comme notion définie par le *principe d'inversion*, que je vais expliquer.

Supposons d'abord qu'il s'agisse de la définition de la masse. De quelque côté que l'on se tourne, on aperçoit des difficultés, et plusieurs auteurs les ont éludées en attribuant simplement à chaque point matériel un coefficient constant que l'on appelle masse. Seulement, après avoir donné de la masse cette définition vague, on admet comme postulats, ou comme faits d'expériences, diverses propriétés, entre autres que deux points matériels agissant l'un sur l'autre produisent des accélérations qui sont en raison inverse des masses.

Le principe d'inversion, dont M. Poincaré et même M. Blondlot nous donnent des exemples dans leurs définitions de la masse, consiste précisément à dire que la masse est un coefficient tel que les propriétés en question se réalisent. Il reste à admettre que de pareils coefficients existent, et cela admis on peut les trouver.

Eh bien! ce que l'on fait ici pour la masse, on peut le faire, avec plus de raison, selon moi, pour l'immobilité.

On ne sait pas ce que c'est qu'un système immobile, mais on admet que par rapport à ce système, différentes propriétés des accélérations et des masses se réalisent. Avec le principe d'inversion, on appellera système immobile celui par rapport auquel cette réalisation a lieu; on admettra qu'il existe, et cela admis, on pourra le construire, comme je l'ai montré il y a bien longtemps, au moyen de trois points libres ou soustraits à toute action (1).

---

(1) De Tilly, *Essai sur les principes fondamentaux,* déjà cité, pp. 171 à 172. Voici le détail de la citation :

Nous concevons que des forces s'exercent sur tel ou tel point matériel, indépendamment des mouvements que ces forces déterminent par rapport à tel ou tel système de comparaison.

Nous concevons aussi qu'un point soit libre, c'est-à-dire débarrassé de l'action de toute force.

Considérons trois points libres A, B, C, et construisons un trièdre tri-rectangle (système invariable) par rapport auquel les points A, B, C aient respectivement pour coordonnées à l'origine X_1, Y_1, Z_1 : X_2, Y_2, Z_2; X_3, Y_3, Z_3. Appelons x_1, y_1, z_1; x_2, y_2, z_2; x_3, y_3, z_3 les composantes des vitesses respectives de A, B, C, suivant les trois axes, lesquelles composantes doivent être constantes si les axes sont immobiles, et même s'ils ne possèdent qu'une translation uniforme. Supposons qu'il en soit ainsi, et cherchons à déterminer la position que le trièdre devra prendre à chaque instant pour jouir de cette propriété.

Après le temps t, les coordonnées seront devenues $X_1 + x_1 t$, etc.; et la grandeur des trois distances AB, BC, AC, que l'on peut mesurer,

Certes, l'emploi de trois point matériels soustraits à

---

fournira trois équations entre les six inconnues $x_2 - x_1$, $x_3 - x_1$, $y_2 - y_1$, $y_3 - y_1$, $z_2 - z_1$, $z_3 - z_1$. Opérant de même après le temps t', on aura en tout six équations, d'où l'on déduira les six inconnues.

Il est évident que les équations que l'on pourrait ajouter, en continuant à raisonner de même, rentreraient dans celles-ci. Il est évident, aussi, par la forme des équations, qu'elles ne se prêteront jamais qu'à déterminer les différences des vitesses et non les vitesses elles-mêmes. Mais puisque le système invariable des axes peut avoir une translation régulière quelconque, sans que les vitesses x_1, ... z_3 cessent d'être constantes, nous pouvons choisir arbitrairement les trois vitesses x_1, y_1, z_1, et les autres se trouvent déterminées.

A partir de ce moment et pour toutes les positions suivantes des points libres (non pas pour les positions précédentes, car celles-ci n'ont laissé aucune trace dans l'espace absolu), l'on pourra déterminer à chaque instant leurs coordonnées, et on en déduira la position de chaque plan de projection en menant un plan tangent commun à trois sphères. (On trouvera toujours deux plans tangents, mais l'un des deux sera écarté par cette considération que les trois plans coordonnés doivent être perpendiculaires entre eux. D'ailleurs, rien n'empêcherait de prendre plus de trois points libres.)

On conduira le trièdre invariable dans l'espace, de manière à le faire coïncider à chaque instant avec celui que la construction précédente déterminerait et l'on aura ainsi obtenu un *système invariable immobile sous le rapport de la rotation*, et n'ayant d'ailleurs qu'une translation uniforme. C'est par rapport à ce système que *tout point matériel libre* décrit une ligne droite d'un mouvement uniforme, et c'est par rapport à lui que nous évaluons les rotations absolues.

Sans doute, nous ne pouvons pas réaliser cette expérience à la surface de la terre, parce que nous n'y disposons pas de points matériels absolument libres; mais ayant conçu de cette manière l'existence d'un système sans rotation, par rapport auquel les lois de la dynamique sont absolument vraies (du moins c'est là le sens précis de notre hypothèse), nous pourrons comprendre que plus ces lois s'approcheront d'être vérifiées pour un certain système invariable donné, plus ce système se rapprochera d'être un système sans rotation et à translation uniforme, d'après la définition précédente. C'est dans ce sens qu'il faut comprendre que le système des étoiles fixes est le plus immobile que nous connaissions.

toute action est irréalisable physiquement, mais il en est de même des deux points isolés de M. Blondlot ou des systèmes isolés de M. Poincaré. Ce n'en sont pas moins des abstractions utiles à l'intelligence parfaite du sujet, aussi bien dans ma théorie que dans les leurs.

On est d'ailleurs allé plus loin que nous dans cette voie des abstractions et de l'emploi du principe d'inversion. On peut s'en assurer par la lecture d'un passage d'un auteur anglais, Muirhead, que je reproduisais dans mon discours de 1887 (1).

---

(1) MUIRHEAD, *The laws of motion*, PHILOSOPHICAL MAGAZINE, June 1887. — DE TILLY, *Sur les notions de force*, etc., ouvrage déjà cité, pp. 46 et 47 (c'est une traduction libre de Muirhead).

« Que l'on conçoive un système matériel divisé en une infinité de particules dont les plus grandes dimensions linéaires soient toutes infiniment petites. Attribuons à chaque particule une certaine valeur, que nous appellerons sa masse conventionnelle. Adoptons un système de comparaison invariable, mais arbitraire, et une mesure, aussi arbitraire ou conventionnelle, du temps. Appelons le produit de l'accélération de chaque particule multipliée par sa masse conventionnelle, la force apparente de cette particule Il devient alors possible de choisir les masses conventionnelles, la mesure arbitraire du temps et le système de comparaison, de manière que les masses conventionnelles et les forces apparentes aient entre elles des rapports susceptibles d'être exprimés par les lois des sciences physiques, par exemple la loi de l'indestructibilité de la matière, la loi de l'égalité de l'action et de la réaction, la loi de la gravitation universelle, les lois des actions électrique, magnétique, élastique, capillaire, etc. Un pareil système étant choisi, les masses conventionnelles et les forces apparentes qui en font partie sont alors de véritables masses et de véritables forces; la mesure arbitraire du temps indiquera les temps absolus, et le système de comparaison n'éprouvera absolument ni rotation ni accélération. »

J'ajoutais, en 1887, les observations suivantes :

J'ignore complètement si ces idées ont été émises pour la pre-

Mais parmi toutes les notions que Muirhead définit, y compris la masse, il n'y en a qu'une dont on ne puisse pas donner de définition acceptable et au moins approximative en dehors du principe d'inversion. C'est précisément la notion de l'immobilité; c'est donc pour elle, me semble-t-il, que l'emploi du principe est le mieux justifié.

On pourrait cependant, et certains auteurs l'ont fait, considérer directement les principes de la mécanique comme se rapportant au système de comparaison formé par les étoiles fixes (ou appelées fixes).

Mais cette manière de procéder ne paraît pas très philosophique.

Décider, par définition, que le système immobile est celui des étoiles, c'est décider en même temps que la terre tourne; inutile alors d'instituer des expériences

---

mière fois, avant ou après la publication de mon mémoire de 1878, *Essai sur les principes fondamentaux de la géométrie et de la mécanique*, et j'attache d'ailleurs peu de prix à cette circonstance.

Mais je ferai remarquer que l'on accepte assez facilement, comme notions premières, les mesures des distances, des temps, des masses et des forces, que l'on peut d'ailleurs réduire à trois, tandis que la notion d'immobilité est d'une autre nature. En ne cherchant à définir que celle-ci, j'ai pu en faire une détermination précise et en quelque sorte géométrique. L'auteur que je viens de citer, en voulant aller plus loin, doit se borner à affirmer la possibilité de régler ses données de manière à satisfaire aux lois dynamiques, mais il ne saurait en effectuer de détermination : « Qui trop embrasse, mal étreint. » Malgré cela, j'ai cru devoir appeler l'attention sur cette idée, qui est incontestablement plus générale que la mienne.

Je ferai observer aujourd'hui qu'au même ordre d'idées se rattache la définition donnée du temps par le grand Lobatchefsky : « Le temps est un mouvement propre à mesurer les autres mouvements. » VASSILIEF, *Revue de métaphysique*, p. 673.

(telles que le pendule de Foucault, par exemple) pour le constater. Ces expériences pourront prouver autre chose, mais elles ne prouveront plus la rotation de la terre, qui est admise d'avance.

Cette manière d'envisager les choses conduit à considérer la rotation ou la non-rotation de la terre comme une simple question de mots, tandis qu'elle doit rester une question de fait.

En géométrie et en cinématique, où l'on ne considère que des mouvements relatifs, la question serait en effet oiseuse, mais il n'en est pas de même en dynamique, à cause de la loi d'inertie, qui, elle aussi, n'est pas un simple mot, mais un fait physique. « Qu'un point matériel », dit avec raison M. Vicaire, « ait une certaine vitesse ou que le reste de l'univers ait la même vitesse en sens contraire, c'est la même chose au point de vue de leurs relations, mais c'est bien différent au point de vue de la quantité d'énergie. Il est donc naturel de penser *que* c'est différent en réalité (1) ».

Précisons mieux encore par l'hypothèse suivante. Dans l'expérience de Foucault, on a trouvé, pour la durée de la rotation complète du plan d'oscillation, un nombre un peu plus grand que celui qui résulterait du calcul.

La différence est due très probablement aux erreurs d'observation, peut-être aussi dans une faible mesure aux approximations admises dans le calcul. Mais supposons cependant, ce qui n'a rien de contradictoire, que des expériences de plus en plus précises et de plus en

---

(1) VICAIRE, *Annales de la Société scientifique de Bruxelles*, 18e année, 1893-1894, p. 98.

plus nombreuses, comparées au résultat d'un calcul de plus en plus rigoureux, laissent toujours subsister le même écart. Il faudrait bien en conclure que la valeur attribuée à la vitesse angulaire de la terre (par rapport au système immobile) est trop forte et qu'ainsi les étoiles considérées comme repères fixes auraient un mouvement propre, équivalent à une faible rotation autour de l'axe de la terre, en sens inverse de la rotation de notre globe.

On répondra que si ce fait peu probable se produisait, il serait encore temps de changer les énoncés des lois de la mécanique, mais il me semble qu'il vaut mieux admettre dès maintenant des énoncés ne donnant pas prise à cette critique.

On appellera donc système immobile celui par rapport auquel se vérifient les principes fondamentaux de la mécanique, qu'on les prenne dans l'exposé de M. Blondlot ou dans les traités ordinaires (car la différence est bien faible) ; c'est dans ce système seul qu'existe la composition des accélérations ou des forces suivant la règle du parallélogramme (1).

---

(1) De Tilly, *Essai sur les principes fondamentaux,* déjà cité. — Idem, *Sur les principes fondamentaux, ou axiomes, ou hypothèses de la mécanique rationnelle* (inertie, indépendance, réaction), 1900 (t. XXIV des Annales de la Société scientifique de Bruxelles). C'est précisément parce que la règle du parallélogramme n'existe que dans le système immobile que je crois impossible d'en donner une véritable *démonstration*. Voir la dernière brochure citée, page 22 en note. Le sens du mot *immobile* est d'ailleurs précisé dans ces ouvrages. Deux systèmes qui n'ont, l'un par rapport à l'autre, qu'une translation rectiligne uniforme, sont tous les deux immobiles. dans le sens qu'il faut donner à ce mot, ou bien aucun des deux ne l'est.

La composition des forces est indispensable dans les applications. Si, par exemple, un point est soumis aux attractions de plusieurs corps, il faut bien pouvoir composer ces attractions pour obtenir le mouvement du point. Sans chercher notre exemple aussi loin, les points qui sont soumis, à la surface de la terre, à des forces directement appliquées, subissent en même temps l'action de la pesanteur. Mais, comme je l'ai déjà dit, on n'est strictement obligé d'employer la règle de composition que dans le système immobile, où la composition mécanique se confond avec la composition géométrique des vecteurs.

Quant à la décomposition des forces, on n'a jamais besoin de l'employer; on le fait cependant pour simplifier ou abréger, mais ce n'est jamais indispensable. Les décompositions apparentes ne sont que des décompositions géométriques, comme on le voit en remontant aux principes sur lesquels les solutions sont basées.

De là résulte que si la décomposition ne se faisait que suivant deux ou trois directions, je serais tenté, pour éviter toute équivoque, de supprimer le mot *composantes*, puisque le mot *projections* existe déjà. Dans tous les cas, la composition et la décomposition sont toujours purement géométriques, dans les conditions où nous nous sommes placés. La plupart des traités pèchent sous ce rapport, au moins au point de vue des termes employés (1).

---

(1) Ainsi, au n° 232 de l'excellent cours de mécanique de Gilbert, l'auteur, traduisant les équations (1) en langage ordinaire, nous dit : « la force qui a pour composantes $-mj''x$, $-mj''y$, $-mj''z$, s'appelle la réaction d'entraînement... » Il y a là, sinon une erreur,

Je terminerai cet article relatif à la mécanique par la dissertation que j'ai annoncée sur les notions de masse et de force.

On trouve, dans les auteurs, trois définitions différentes de la masse et de la force.

I. — Dans la première définition, qui est le plus généralement adoptée, surtout pour la mécanique appliquée et la physique, la notion (plus ou moins complète) de la force précède celle de la masse.

Cette méthode, réduite à son expression à la fois la plus philosophique et la plus simple, consiste à mesurer d'abord les masses au moyen des accélérations qui leur sont communiquées par une seule et même force, en adoptant une de ces masses comme unité.

La mesure des masses étant alors connue, on évaluera toutes les forces par le produit des masses par les accélérations, et il faudra admettre que cette opération donnera un résultat constant pour chaque force.

Il faut admettre de plus, afin de rendre possibles ces expériences préliminaires, que l'on saura employer une force déterminée, c'est-à-dire exercer sur un point matériel la même action que l'on a exercée précédemment sur un autre.

---

du moins une incorrection de langage de nature à tromper le lecteur peu exercé.

Les quantités $-mj''x$, $-mj''y$, $-mj''z$ ne sont pas les composantes par rapport au système mobile (qui à ce moment-là est seul en cause) de la réaction d'entraînement. Ce n'en sont que les projections, et en mouvement relatif *projections* et *composantes* ne sont pas synonymes.

Même réduite à ces termes, M. Poincaré n'admet pas la possibilité de ces expériences. Les forces, dit-il, ne sont pas des chevaux que l'on peut détacher d'une voiture pour les atteler à une autre (1).

D'abord, si les forces ne sont pas des chevaux, les chevaux au moins exercent des forces, et l'on peut mesurer ces forces au dynamomètre. Et ce que j'en dis me paraît s'accorder avec une autre assertion de M. Poincaré. Ce qui importe, ce n'est pas de savoir ce que c'est que la force, c'est de savoir la mesurer (2).

Il me semble que le dynamomètre y pourvoit (3).

En vain objecte-t-on que le dynamomètre ou simplement le fil tendu présuppose d'autres connaissances en mécanique et en physique. Il n'en saurait être autrement pour aucune expérience réalisable. Toute expérience suppose toute la physique (4). On pourrait dire aussi que les expériences ne portent jamais sur de véritables *points* matériels; et encore qu'il est impossible d'annuler complètement les frottements.

A la source de la science, il y a des cercles vicieux inévitables. Par exemple, la définition d'une unité de temps suppose la notion d'un mouvement uniforme, et

---

(1) Poincaré, *Bibliothèque*, t. III, p. 466.

(2) Idem, *Ibid.*, p. 467.

(3) On n'est obligé de l'employer d'ailleurs que pour s'assurer de l'égalité de deux forces, et non pour les évaluer numériquement. En outre, le dynamomètre n'est considéré que comme un indicateur de la force exercée, par son intermédiaire, sur le point matériel. Inutile d'admettre que ce soit aussi la force exercée par le point matériel sur le dynamomètre. Le principe de l'égalité entre l'action et la réaction n'est donc pas en cause.

(4) Wilbois, *Bibliothèque*, t. III, p. 641.

celle-ci ne peut être constituée que si l'on possède déjà une unité de temps. Seuls, les décrets spontanés du sens commun, relatifs à notre action pratique, permettent de démêler cet embrouillement (1).

Puisque je suis entièrement d'accord avec M. Poincaré sur l'inutilité complète de définir en elles-mêmes, soit la force, soit d'autres conceptions mathématiques, et sur ce principe qu'il suffit de savoir les mesurer et fixer le sens précis des égalités où elles entrent, on ne trouvera pas mauvais que je reproduise ici les considérations sur lesquelles l'auteur appuie cette opinion en ce qui concerne la force :

Tout ce qui ne nous apprend pas à la mesurer est aussi inutile au mécanicien que l'est, par exemple, la notion subjective de chaud et de froid au physicien qui étudie la chaleur. Cette notion subjective ne peut se traduire en nombres, donc elle ne sert à rien ; un savant dont la peau serait absolument mauvaise conductrice de

---

(1) Leroy, *Revue de métaphysique*, p. 578.

Pour échapper à cet inconvénient, il faudrait adopter complètement le système Muirhead. C'est une idée ingénieuse qu'il est bon de connaître, mais qu'il faut se garder de prendre pour base dans l'enseignement.

D'ailleurs, pour donner un autre exemple de ce qu'il avance, M Leroy ajoute à la même page : « Les lois de la réflexion ne sauraient être vérifiées rigoureusement, car il faudrait pour cela un miroir plan, et c'est au moyen des lois en question qu'on s'assure qu'un miroir est plan. » Ici, l'ingénieux auteur va trop loin : il y a d'autres moyens, moins pratiques peut-être, mais antérieurs aux lois de la réflexion, de s'assurer qu'un miroir est plan.

Peut-être va-t-il déjà trop loin dans ce qu'il dit de l'unité de temps et du mouvement uniforme. On pourrait mesurer le temps au moyen d'un système de clepsydres.

la chaleur et qui par conséquent n'aurait jamais éprouvé ni sensation de froid ni sensation de chaud, pourrait regarder un thermomètre tout aussi bien qu'un autre et cela lui suffirait pour construire toute la théorie de la chaleur. Or cette notion immédiate d'effort ne peut nous servir à mesurer la force; il est clair, par exemple, que j'éprouverai plus de fatigue en soulevant un poids de cinquante kilos qu'un homme habitué à porter des fardeaux.

Mais il y a plus : cette notion d'effort ne nous fait pas connaître la véritable nature de la force; elle se réduit en définitive à un souvenir de sensations musculaires, et l'on ne soutiendra pas que le soleil éprouve une sensation musculaire quand il attire la terre (1).

II. — Dans la seconde définition, c'est la notion de masse qui précède. On en fait un simple coefficient inhérent à chaque point matériel et que l'on doit supposer déterminé de telle manière, que le développement ultérieur de la théorie corresponde avec l'expérience.

Si l'on veut préciser davantage, une détermination idéale peut se faire dès le début au moyen du système isolé de points matériels de M. Poincaré (2) ou de deux points seulement, comme dans le n° 2 de M. Blondlot (3). Dans les deux cas, il faut admettre que ce mode de détermination donnerait à chaque point matériel une masse constante.

---

(1) Poincaré, *Bibliothèque*, pp. 467 et 468.

(2) Idem, *Ibid.*, p. 473.

(3) Blondlot, *Ibid.*, n° 2. On peut dire que, dans ce second mode de définition, l'idée primitive de force apparaît indirectement par l'intermédiaire du système immobile.

Ensuite, on définit la force comme produit de la masse par l'accélération.

Ces deux premières définitions de la masse et de la force ont de nombreux points communs. En résumé, je préfère les expériences imparfaites, mais réalisables, sur lesquelles se base la mécanique ordinaire aux expériences très philosophiques, mais irréalisables (selon moi) de MM. Poincaré et Blondlot.

Je reconnais, d'ailleurs, avec M. Poincaré, que nous ne pouvons pas répéter nos expériences élémentaires sur tous les corps de l'Univers. Nous appliquons, par hypothèse, à ceux que nous ne pouvons pas atteindre, les mêmes lois qu'à ceux que nous atteignons, et cette hypothèse se justifie par la concordance des résultats obtenus (1).

III. — Il existe une troisième définition de la masse, considérée quelquefois comme la plus simple et consistant à dire que la masse est la quantité de matière contenue dans le point matériel.

---

(1) M. Poincaré dit à cet égard (*Bibl. du Congrès*, t. III, p. 471) : Ne serait-il pas plus simple de considérer la loi de l'accélération comme une définition dans tous les cas, et de regarder les expériences en question, non comme des vérifications de cette loi, mais comme des vérifications du principe de réaction...?

Certainement, il faut signaler cette idée théorique, cette espèce d'enchevêtrement des divers principes, mais je conserverais cependant la notion de force dans les expériences préliminaires. Considérer ces dernières comme démontrant le principe de la réaction plutôt que la relation entre la force, l'accélération et la masse, me paraîtrait peu naturel, très indirect et très compliqué. Le principe de la réaction, je l'ai déjà dit, n'est pas réellement invoqué ici, et il trouve d'autres preuves expérimentales.

A priori, la *quantité de matière* n'est pas une chose simple, ni une chose facile à mesurer *directement*, et si on ne la mesure qu'indirectement, par les poids, on rentre dans l'une des deux définitions données.

M. Poincaré s'exprime ainsi à propos de cette prétendue simplicité :

« Tout le monde, dira-t-on, sait ce que c'est qu'une quantité de matière. Certainement non : je vois bien que dans deux grammes de plomb il y a deux fois plus de matière que dans un gramme de plomb, parce qu'on compare des matières identiques; mais comment saurai-je que dans deux grammes d'argent il y a deux fois plus de matière que dans un gramme de plomb (1)? »

Je partage entièrement son avis pour le motif qu'il donne et pour un autre motif encore. Faisons même abstraction de la difficulté résultant des matières différentes; supposons que nous ne considérions qu'une seule matière, réduite à des points matériels absolument *identiques* et venant s'agglomérer pour constituer des points matériels de masse plus grande.

Nous verrons qu'alors même une difficulté subsiste au point de vue philosophique, c'est-à-dire au point de vue de la concordance nécessaire entre la troisième définition et les deux autres. Cependant l'idée de la proportionnalité entre la masse et la quantité de matière est une idée juste et utile; au point où nous en sommes, nous pouvons la justifier théoriquement.

Considérons, en effet, deux points matériels identiques, soumis à deux forces égales, produisant sur eux

---

(1) Poincaré, *Bibliothèque du Congrès*, t. III, p. 473.

des accélérations égales. Si nous rapprochons les points matériels jusqu'à n'en former qu'un seul, sa quantité de matière sera double, l'accélération sera restée la même, et la force sera devenue double. Donc la masse (rapport de la force à l'accélération) sera aussi devenue double, c'est-à-dire qu'elle est proportionnelle à la quantité de matière.

Du rapport $\frac{2}{1}$, on passerait aisément au rapport $\frac{m}{1}$, puis au rapport quelconque $\frac{m}{n}$.

Mais il ne faut pas perdre de vue que dans le raisonnement ci-dessus, nous avons admis plusieurs faits, et notamment que deux forces de même direction et de même sens s'ajoutent, ce qui n'est pas évident à priori.

C'est une conséquence du principe de l'indépendance des effets des forces, soumise aux mêmes conditions que le principe général, c'est-à-dire que cela n'est vrai que si les forces sont évaluées par rapport à un système immobile. Dans tout autre système, le raisonnement n'aboutirait que par suite d'une compensation d'erreurs.

Je me propose d'entrer ici dans quelques détails sur cette question.

La première erreur que commettent implicitement les auteurs qui adoptent la troisième définition de la masse et qui veulent alors prouver la proportionnalité de la force à la masse par un raisonnement analogue à celui que je viens de présenter, consiste à assimiler le cas de deux forces agissant simultanément sur deux points distincts, qui se réunissent sans changement d'accélération, avec combinaison des masses, au cas de deux forces agissant d'abord successivement, puis simultanément sur un seul point matériel avec combinaison des accélérations.

Mais la seconde erreur, qui vient compenser la première, consiste à admettre que deux forces de même sens agissant sur un point matériel s'ajoutent, même par rapport à un système quelconque.

Pour me faire bien comprendre, je reprendrai l'exemple que j'ai déjà donné (1) de deux systèmes de trois axes rectangulaires, respectivement parallèles deux à deux. Le système X_1 étant immobile, donnons au système X_2 une accélération parallèle aux axes des x, et égale à ω, par rapport à X_1.

La règle des accélérations est celle-ci : On passe de X_2 à X_1 en ajoutant ω à l'accélération d'un point quelconque et réciproquement.

Soient maintenant deux points matériels A et B, ayant l'un et l'autre la masse m, l'accélération j par rapport à X_2 et l'accélération $j + \omega$ par rapport à X_1.

On rapproche les points A et B jusqu'à ce qu'ils se confondent en un seul de masse 2μ (il faut démontrer que $\mu = m$). Les accélérations restent les mêmes et les forces sont devenues $2\mu j$ et $2\mu(j + \omega)$. Donc elles se sont ajoutées des deux côtés (si $\mu = m$), ou bien elles ne se sont ajoutées nulle part.

Dans le système immobile X_1, où les forces ne sont pas des fictions, des données conventionnelles, mais bien des réalités physiques, il est naturel de supposer que deux forces de même sens s'ajoutent. Elles s'ajoutent donc aussi dans l'autre système, ce qui n'est nullement en contradiction avec la note que j'ai citée plus haut, parce qu'on ne peut pas assimiler le cas de deux points

(1) De Tilly, *Note sur les principes fondamentaux*, 1901, déjà citée.

matériels dont les masses se combinent sans changement d'accélération, au cas d'un seul point matériel soumis à deux causes d'accélération qui se combinent.

Or, dans la théorie ordinaire, on fait cette confusion d'idées et, en outre, on admet que deux forces de même sens doivent nécessairement s'ajouter, ce qui n'est pas toujours vrai.

Ayant ainsi démontré la proportionnalité de la masse à la quantité de matière pour des substances identiques, on l'admettra aussi pour des substances différentes, ce qui sera, en réalité, une définition du rapport des quantités de matière, pour de pareilles substances.

La troisième définition de la masse présente donc des complications sérieuses et exige que l'on ait égard au système par rapport auquel les lois de la mécanique se vérifient.

La seconde définition, nous l'avons vu, présente aussi ce dernier défaut.

C'est une raison de plus pour nous en tenir à la première, c'est-à-dire à celle des traités de mécanique, améliorée comme nous l'avons dit, définition qui semble la plus indépendante de toute hypothèse sur le mouvement absolu ou relatif.

En concluant ainsi, suis-je en désaccord réel avec M. Poincaré? Je ne le pense pas, d'après les dernières lignes de son mémoire, que je vais reproduire. « Qui ne voit, en effet, qu'en séparant ces deux sciences (la mécanique expérimentale et la mécanique conventionnelle), je les mutile l'une et l'autre, et que ce qui restera de la mécanique conventionnelle quand elle sera isolée ne sera que bien peu de chose et ne pourra nullement

être comparé à ce superbe corps de doctrine que l'on appelle géométrie?

On comprend maintenant pourquoi l'enseignement de la mécanique doit rester expérimental.

C'est ainsi seulement qu'il pourra nous faire comprendre la genèse de la science, et cela est indispensable pour l'intelligence complète de la science elle-même.

D'ailleurs, si l'on étudie la mécanique, c'est pour l'appliquer, et l'on ne peut l'appliquer que si elle reste objective. Or, ainsi que nous l'avons vu, ce que les principes gagnent en généralité et en certitude, ils le perdent en objectivité. C'est donc surtout avec le côté objectif des principes qu'il convient de se familiariser de bonne heure, et l'on ne peut le faire qu'en allant du particulier au général, au lieu de suivre la marche inverse (1). »

Cette fois, l'accord entre l'illustre mathématicien français et moi est absolument complet; je constate aussi que sa dernière page est en harmonie parfaite avec la première, mais je laisse à de plus autorisés le soin de décider si les pages intermédiaires reflètent la même tendance.

---

(1) POINCARÉ, *Bibliothèque*, t. III, pp. 493 et 494.

III. — Le déterminisme.

Dans les discours prononcés au Congrès et dans les mémoires publiés ensuite, la thèse du déterminisme absolu n'a pas été soutenue. L'impression générale que ces travaux laissent est plutôt en sens contraire. Mais les arguments donnés me paraissent insuffisants.

On a cité, d'une part, un certain nombre de faits paradoxaux ou de cas-limites, dans lesquels le mouvement paraît indéterminé.

D'autre part, plusieurs membres ont traité la question au point de vue philosophique. Ils ont, si je puis m'exprimer ainsi, préparé des arguments pour le jour où il serait bien établi que la mécanique, dans son état actuel, décrète le déterminisme.

Je vais résumer et apprécier en quelques mots ce qui a été dit dans ces deux ordres d'idées.

Et d'abord, il faut bien le reconnaître, les paradoxes cités ne prouvent rien contre le déterminisme.

Une lame de rasoir a son arête horizontale et tournée vers le haut; soit un point matériel posé dessus en équilibre. De quel côté tombera-t-il? dit M. Peano (1). Je réponds qu'il ne tombera d'aucun côté, tant qu'il ne surviendra pas une cause qui déterminera son mouvement.

Le paradoxe de Hertz (2) consiste, en somme, à faire remarquer qu'un point matériel dont la position initiale

---

(1) Peano, *Revue de métaphysique*, pp. 541 et 542.

(2) Schröder, *Ibid.*, pp. 542 et 543.

est A et qui est attiré par un point fixe S, semblera osciller sur la droite AS si on lui imprime une vitesse initiale très faible normalement à AS, tandis qu'il oscillera sur la droite 2AS si on ne lui imprime aucune vitesse normale.

Comme le dit fort bien M. Hadamard (1), ces cas de prétendue indétermination ne sont que des cas d'équilibre instable, c'est-à-dire des cas où une très petite variation de la cause (des données) produit une très grande variation dans l'effet.

On peut ajouter, en ce qui concerne le paradoxe de Hertz, que c'est un cas de discontinuité.

Au surplus, l'indétermination de la solution mathématique ne prouve rien contre le déterminisme physique; elle prouve seulement que nos données ne sont pas suffisantes pour résoudre complètement le problème ni adéquates à la réalité (2).

J'arrive maintenant aux arguments philosophiques, pour lesquels je dois me borner à quelques citations.

M. Couturat doute qu'un monde d'individus absolument libres pût jamais donner lieu, dans son ensemble, à un déterminisme même apparent ou approximatif. Une moyenne de phénomènes élémentaires indéterminés devrait être, elle aussi, indéterminée (3).

M. Hadamard remarque que l'étude des sociétés conduit à une autre solution du problème : on peut admettre que les individus sont libres; cela n'empêche pas que les

---

(1) HADAMARD, *Revue de métaphysique*, p. 543.
(2) DICKSTEIN, *Ibid.*, p. 544.
(3) COUTURAT, *Ibid.*, p. 542.

faits sociaux, moyennes des actions individuelles, soient soumis à des lois presque certaines (1).

D'ailleurs, personne ne soutiendra que les individus soient *absolument* libres. Ils possèdent une certaine dose de liberté. La nécessité vient ensuite comme un frein régulateur de notre action et comme une résistance qui permet à cette action de mordre sur les choses (2).

L'acte par lequel la science décrète le déterminisme pour régler son langage est lui-même un acte révélateur d'une liberté antécédente (3). S'appuyer sur la science pour conclure au déterminisme universel, c'est donc un cercle vicieux et une contradiction (4).

Les deux dernières citations surtout montrent bien dans quel esprit sont conçues les objections philosophiques contre le déterminisme. Elles se résument en ceci : Si la mécanique, dans son état actuel, décrète le déterminisme absolu, c'est que cette mécanique, basée en définitive sur des hypothèses, ne répond pas à l'exacte réalité.

Sans me prononcer sur cette thèse, je déclare que la mienne est bien différente et rend inutile celle des philosophes. Je prétends que la mécanique, dans son état actuel, et en admettant toutes ses hypothèses comme absolument vraies, ne décrète nullement le déterminisme absolu.

J'ai été étonné de voir affirmer par M. Poincaré

---

(1) Hadamard, *Revue de métaphysique*, p. 512.
(2) Le Roy, *Ibid.*, p. 579.
(3) Idem., *Ibid.*, p. 580.
(4) *Ibid.*, p. 579.

qu'admettre que quelque chose demeure constant, c'est la formule même du déterminisme (1). D'un déterminisme très relatif peut-être, mais pour établir le déterminisme absolu, il ne suffit pas d'admettre que *quelque chose* reste constant; il ne suffit pas même d'admettre que trois choses bien déterminées restent constantes dans un système matériel isolé :

1° Le mouvement du centre de gravité;

2° Le rapport de la somme des aires décrites, multipliées par les masses, au temps (par rapport à un axe quelconque);

3° L'énergie totale, entendue dans le sens du principe des forces vives.

On pourrait dire d'abord que ces lois ne sauraient être vérifiées qu'à peu près, mais je n'ai pas recours à cette échappatoire : j'admets que le système donné soit absolument isolé et que les mesures prises soient absolument exactes.

Même alors, la constance des trois quantités mentionnées ne prouve nullement que les trajectoires *de tous les points* aient été réglées depuis le début du mouvement par des lois invariables, et que si le mouvement se répétait avec les mêmes données initiales, il devrait nécessairement être le même.

J'ai donné de ce fait une démonstration détaillée que je reproduirai en note (2).

---

(1) Poincaré, *Revue de métaphysique*, p. 557.

(2) De Tilly, *Sur les notions de force, d'accélération et d'énergie en mécanique*, mémoire déjà cité, pp. 47 et 48.

Voici le détail de la citation :

« Mais rien n'empêche de supposer que la volonté agisse simulta-

Pour arriver au déterminisme absolu, il faudrait ajouter aux trois hypothèses fondamentales de la mécanique (inertie, indépendance, réaction) (1), un quatrième principe, d'après lequel il ne pourrait exister d'autres forces que celles qui proviennent de l'action des points matériels les uns sur les autres.

---

nément sur plusieurs points, et cette idée peut servir à lever bien des contradictions apparentes. Déjà en agissant sur deux points, on pourrait conserver la somme des énergies. Mais, au moyen des actions simultanées sur trois points, on peut satisfaire à toutes les intégrales connues des équations de la dynamique, c'est-à-dire à celle des forces vives, à celles des aires et à celles de la conservation du mouvement du centre de gravité général; car il suffit, pour cela, de résoudre une seule équation contenant trois indéterminées. En effet, dans le plan des trois points d'application, prenons un point arbitraire, ce qui introduira deux indéterminées. Joignons les trois points d'application à ce point arbitraire, et suivant l'une des droites ainsi obtenues, introduisons, au sommet correspondant, une certaine force, qui sera notre troisième indéterminée. Suivant les deux autres droites, appliquons les forces qui feraient équilibre à la première si le système était rigide. Il est visible que ces forces, transportées au centre de gravité, ne modifieront pas le mouvement de ce point; de même, la somme de leurs moments étant nulle par rapport à un axe quelconque, elles n'influeront pas sur les intégrales des aires; il ne restera qu'à annuler la somme des travaux des forces, c'est-à-dire à relier nos trois indéterminées par une seule équation. Les trois forces agissantes seraient, à chaque instant, réglées de cette manière.

Ainsi donc la vérification, même parfaite, pour l'univers entier ou une de ses parties séparée des autres, des trois grandes lois qui régissent les systèmes matériels livrés à eux-mêmes, ne prouverait encore rien contre l'action incessante de forces émanant des volontés libres. »

Il est bien entendu que, dans cette citation, quand je parle d'intégrales, il ne s'agit pas nécessairement d'intégrales en quantités finies.

(1) De Tilly, *Sur les principes fondamentaux, ou axiomes...* (mémoire déjà cité).

Certains auteurs (nous l'avons vu) admettent cette quatrième hypothèse; mais ce n'est, comme on l'a si bien dit, que pour « régler leur langage »; ils ne prétendent pas en faire une loi absolue de l'univers physique.

L'admission des quatre principes conduit aux trois intégrales ou aux trois constantes que nous avons citées, mais la réciproque n'est pas vraie.

Du moment où l'on admet que l'action des volontés peut se manifester par des forces exercées sur certains points matériels, sans action réciproque de ceux-ci sur d'autres points, l'existence de pareilles forces n'est en opposition avec aucun des principes vérifiables de la mécanique.

Arrivé au terme de ce travail, je me suis demandé si je pourrais le publier, si même je pourrais le lire en séance, sans être accusé de ne présenter à mes lecteurs ou à mes auditeurs qu'un assemblage de citations.

Mais j'ai trouvé mon excuse dans ces deux faits : que la moitié au moins des citations sont extraites de mes propres ouvrages (assez peu connus, comme j'ai pu m'en apercevoir souvent) et que l'autre moitié constitue la reproduction d'idées justes au fond, exprimées d'une manière un peu tranchante, mais lumineuse, et dues aux savants les plus éminents de notre époque.

En les émettant au Congrès de Paris, ils ont eu évidemment en vue de vulgariser ces idées; ils ne m'en voudront donc pas d'avoir contribué à ce résultat en les isolant, en les séparant d'autres idées, qui quelquefois les expliquent mais qui souvent les affaiblissent, et en contribuant ainsi à les faire pénétrer définitivement, avec la portée que je crois devoir leur assigner, dans l'esprit de tous les hommes de science.

—

La Belgique préhistorique et protohistorique;
par Julien Fraipont, membre de l'Académie.

Les documents de l'histoire écrite concernant la Belgique ne sont pas antérieurs au dernier siècle avant J.-C.

Notre pays était exactement dans la même situation, vis-à-vis des anciens, que le fut le centre de l'Afrique vis-à-vis de nous, jusqu'à la veille du XXe siècle : régions inconnues.

D'ailleurs, les plus anciens textes concernant les populations de l'ouest de l'Europe ne remontent pas plus loin que 500 ans avant notre ère. Encore reproduisent-ils le plus souvent des renseignements erronés, comme ceux d'Hérodote, ou se réduisent-ils à des citations de noms de peuples au sujet desquels règne encore aujourd'hui une grande confusion.

Des textes des anciens écrivains grecs et romains des huit derniers siècles avant notre ère, nous pouvons retenir que les régions qui sont devenues plus tard la Gaule comprenaient : le pays des Ligures, situé sur le littoral de la Méditerranée du côté de l'Italie; le pays des Ibères, comprenant l'Espagne et, de l'autre côté des Pyrénées, la côte méditerranéenne jusqu'au Rhône, et au-dessus le pays des Celtes, sans limites arrêtées.

Les plus anciens textes sur notre pays même sont ceux de César (59-50 ans avant J.-C.). Ils sont aussi précis que ceux de ses prédécesseurs concernant l'ouest de l'Europe étaient vagues.

Au point de vue historique, les « Belges » seraient des Germains qui, avant l'arrivée de César, auraient traversé le Rhin et seraient venus se fixer dans cette partie de la Gaule située au nord de la Seine et de la Marne, après avoir refoulé vers le sud les Gaulois ou Celtes.

Néanmoins, notre pays fut habité par l'Homme longtemps avant l'arrivée des Gaulois et des Belges de César.

Les moyens dont nous disposons pour essayer de ressusciter ce passé sont du domaine de la géologie, de la paléontologie et de l'archéologie.

On peut diviser notre histoire primitive en deux grandes étapes :

1° Les *temps préhistoriques* où l'Homme, ignorant complètement l'usage des métaux, confectionnait ses outils et ses armes à l'aide du bois, de la pierre et de l'os;

2° Les *temps protohistoriques*, commençant avec l'introduction des métaux et se prolongeant chez nous jusqu'à la veille de la conquête des Gaules par Jules César (59 à 50 ans avant J.-C.).

Nous ferons, avec la plupart des auteurs, deux coupures dans les temps préhistoriques, et nous distinguerons :

1° Une *période paléolithique*, correspondant chronologiquement à l'ère géologique quaternaire;

2° Une *période néolithique*, s'étendant depuis l'aurore de l'ère moderne jusqu'à l'introduction de l'usage des métaux, dont la date varie d'une région à l'autre.

Les temps protohistoriques comprennent :

1° L'âge du bronze;

2° L'âge du fer.

La question de l'existence de l'Homme préquaternaire, d'abord très controversée, est reprise aujourd'hui avec de nouveaux éléments d'appréciation.

Des traces d'un être sachant utiliser la pierre et le feu auraient été rencontrées dans le Miocène d'Europe dès 1867. D'autre part, si nous nous en rapportons aux récentes recherches de MM. Lewis Abbott, B. Harrison, S. Kennard, P. Martin, Lavisse et Rutot, on aurait retrouvé des vestiges des premières industries humaines, datant du Pliocène, sur le Chalk-plateau du Kent en Angleterre, sur les crêtes de l'Artois et à Saint-Prest en France.

Jusqu'ici, le sol belge n'a fourni aucun document sur l'Homme préquaternaire; je ne m'attarderai donc pas à l'examen de ce problème.

Période paléolithique.

Que savons-nous de l'Homme quaternaire en Belgique?

L'arrivée de celui-ci, sa prise de possession de notre territoire, son maintien dans telle ou telle partie du pays sont subordonnés et intimement liés aux phénomènes géologiques qui se sont succédé pendant la fin des temps tertiaires et pendant l'ère quaternaire.

Les uns ont déterminé des alternances de soulèvements et d'affaissements de notre sol ayant eu pour conséquence l'émersion ou l'immersion d'une partie de nos régions. D'autres, en rapport avec l'extension ou le retrait des glaciers de certaines parties de l'Europe, ont eu leur répercussion chez nous au point de vue du creusement des vallées et du régime des cours d'eau. Enfin, l'action locale érosive ou édificatrice des eaux de l'atmosphère ainsi que du vent est venue se superposer à celle des autres agents physiques. Le résultat final a été le relief de notre sol.

La géologie du Quaternaire belge est des plus com-

pliquées et des plus embrouillées; nos géologues sont encore loin d'être d'accord à son sujet. Il suffit, pour s'en convaincre, de parcourir les nombreuses publications relatives à cette question, notamment celles de MM. Briart, Cornet, Dewalque, Dupont, Forir, Lohest, Mourlon, Rutot et van Overloop.

M. Rutot a publié, dans ces dernières années, une série de travaux importants où il cherche à élucider ces questions difficiles. Il a poussé fort loin ses recherches stratigraphiques et il a cru pouvoir coordonner tout notre Quaternaire dans le cadre précis de cinq termes successifs au sujet desquels plusieurs de nos spécialistes font des réserves formelles. Mais, d'autre part, il nous a fait connaître, dans des dépôts à ciel ouvert, les plus inférieurs du Quaternaire, une succession d'industries de la pierre, depuis la plus primitive, la plus rudimentaire jusqu'à la taille artistique. Il a réuni de celles-ci d'admirables séries provenant de gisements nombreux et bien observés. Il les a comparées aux industries de France et d'Angleterre provenant de gisements analogues. Enfin, il a fait de la taille du silex une étude fort approfondie. J'ai examiné avec le plus grand soin les types de ces industries primitives, et je dois reconnaître que l'utilisation intentionnelle, l'accommodation et même la taille m'ont paru évidentes sur un très grand nombre de pièces.

Les plus anciennes traces d'un être suffisamment intelligent pour avoir utilisé la pierre à des usages multiples ont été rencontrées par M. Rutot sur le versant des collines de la Flandre occidentale.

Cette industrie la plus primitive que nous connaissions, se réduit à :

1° L'utilisation comme percuteurs de rognons de silex bruts, mais choisis;

2° L'utilisation de fragments comme racloirs;

3° L'accommodation de certains rognons pour la préhension, consistant dans l'abatage ou le martelage d'un ou plusieurs tubercules.

C'est l'industrie *reutelienne*, du nom d'un hameau, Reutel, situé près du village de Becelaere, dans la Flandre occidentale.

Les silex utilisés sont disséminés, par groupes, vers la partie supérieure d'un cailloutis formé de silex crétacés remaniés, que M. Rutot rapporte au terme le plus ancien du Moséen. C'est ce cailloutis même, sur lequel marchaient les Reuteliens, qui a servi à la confection de l'outillage. Un quart environ des rognons de silex auraient été utilisés. Or ce tapis de silex s'étend, dans la Flandre occidentale, sur environ 12,000 hectares, avec une épaisseur moyenne de 25 centimètres. Il faut donc admettre un long séjour d'une population relativement dense sur les berges de la vallée de la Lys.

M. Rutot pense que ces peuplades étaient contemporaines de l'Éléphant antique (*Elephas antiquus*), du Rhinocéros de Merck (*Rhinoceros Merckii*) et du Grand Hippopotame (*Hippopotamus major*); mais les débris de cette faune n'ont jamais été rencontrés dans le cailloutis. D'autre part, les mœurs et les ossements des Reuteliens nous sont inconnus.

Si l'on passe de là vers les vallées de la Dendre, de la Haine et de la Sambre, on rencontre de véritables champs de silex sur plus de 350 kilomètres carrés, contenant une industrie caractérisée par la décadence du percuteur, le développement du grattoir avec accommodation à la main, la présence de retouches plus fines et plus régulières; c'est une industrie de transition.

Puis nous voyons les mêmes vallées de la Haine et de la Sambre habitées par une population qui est en grand progrès sur les précédentes. « La caractéristique de son industrie est la très grande variété des pièces et l'absence de formes typiques à contours bien déterminés et uniformément reproduits. » Elle consiste surtout en racloirs et grattoirs de formes infinies auxquels s'ajoutent des percuteurs, des retouchoirs, des pointes-racloirs, des perçoirs et quelques pièces fortement retouchées conduisant aux « coups-de-poing » et aux « poignards ».

C'est l'outillage que MM. G. Neyrinckx et Émile Delvaux, les premiers, nous firent connaître et que ce dernier appela du nom de *Mesvinien*. Delvaux rencontra, dans la tranchée de Mesvin, les restes de la faune du Mammouth associés à cette industrie. Dans la suite, gisement et outillage furent mis en lumière par MM. Houzeau, Lemonier, Cels, De Pauw, Mourlon, de Munck et Rutot.

Ici, le travail intentionnel d'utilisation, d'accommodation et quelquefois de taille n'est plus douteux pour un observateur expérimenté.

Nous ne connaissons pas les auteurs de l'industrie mesvinienne.

Les gisements les plus riches et les plus démonstratifs furent la tranchée de Mesvin, la carrière Helin, au sud-est de Mons, entre Saint-Symphorien et Spiennes, et l'exploitation Hardenpont, à Saint-Symphorien.

A la carrière Helin, M. Rutot trouve presque toute la succession des industries primitives en position stratigraphique. Ce sont : d'abord, un cailloutis à industrie reutelo-mesvinienne reposant sur le Maestrichtien (Crétacé), puis un cailloutis à industrie mesvinienne, plus haut encore un dépôt à industrie chelléenne où apparaît pour la pre-

mière fois la faune du Mammouth, puis, enfin, reposant sur celui-ci, le cailloutis à industrie acheuléenne et acheuléo-moustérienne associé aussi à la même faune. C'est ce dernier terme qui fut considéré longtemps comme la base du Quaternaire. M. Rutot rapporte à la plus ancienne division, au *Mosséen*, les trois premières couches, et au *Campinien* (2e division) les couches à industries chelléenne et acheuléo-moustérienne.

On rencontre dans d'autres gisements de la région nord-est de Binche (Épinois), à côté de pointes chelléennes typiques, des pointes à talon réservé et de mieux en mieux taillées dans des rognons allongés, constituant de véritables armes, poignards, pointes de lances ou de javelots, première industrie guerrière que nous ont fait connaître MM. De Puydt et Rutot. Celui-ci croit pouvoir assimiler, au point de vue stratigraphique, les gisements de Binche aux couches mesvino-chelléennes, chelléennes et acheuléennes de Havré-Saint-Symphorien, mais d'autres géologues sont moins affirmatifs, n'ayant aucun débri fossile comme point de repère.

En France, les dépôts de Chelles et de Saint-Acheul avaient été considérés jusqu'ici comme représentant les formations les plus anciennes du Quaternaire. Ils contiennent une faune caractérisée par la présence de l'Éléphant antique (*E. antiquus*), du Rhinocéros de Merck (*R. Merckii*) et du Grand Hippopotame (*H. major*) associés déjà au Mammouth.

En Belgique, les gisements extérieurs à instruments chelléens et amygdaloïdes ne contiennent que la faune du Mammouth. C'est à MM. Briart, Cornet et Houzeau de Le Haie que nous devons les premières découvertes dans le Hainaut de ce dernier dépôt caillouteux formant la

base des masses de limons stratifiés ou non qui pourraient ne pas avoir le même âge que ceux des hauts plateaux.

Nous ne connaissons pas le fabricant des coups-de-poing chelléens, des pointes en amande et des pointes taillées d'un côté, des alluvions quaternaires du Hainaut.

La faune que nous venons d'y rencontrer, dans une couche stratigraphiquement déterminée, va perdurer pendant de nombreux siècles en Belgique, durant la plus grande partie du Quaternaire ancien, que j'appellerai encore, avec M. Dupont, la période du Mammouth et que je diviserai en premier et deuxième âge.

Pendant cette période, l'Homme s'est cantonné surtout dans la vallée de la Meuse et de ses affluents, prenant comme habitation les nombreuses cavernes creusées dans les roches calcaires dévoniennes et carbonifères. C'est là que nous allons le suivre, guidés, depuis 1830, par les mémorables travaux du Dr Schmerling, puis par ceux de Spring, de M. Malaise, surtout ceux de M. Dupont, et d'autres parmi lesquels nous pouvons nous compter.

M. Dupont a eu le grand mérite d'être le premier géologue qui, par des fouilles méthodiques, a reconnu différents niveaux dans les dépôts des cavernes et en a donné des coupes géologiques. Avec l'aide de P.-J. Van Beneden, il a défini les éléments constitutifs de la faune de l'âge du Mammouth et du Renne. Il a, de plus, largement contribué à faire connaître les mœurs de l'Homme des cavernes.

Dans quel milieu évoluaient ces populations? Quelles étaient leurs industries et leurs mœurs? Quels étaient leurs types ethniques? Telles sont les questions que nous allons pouvoir examiner d'une façon beaucoup plus précise que nous n'avons pu le faire jusqu'ici, avec les matériaux des gisements extérieurs.

Nous aurons bientôt, par M. Rutot, des données sur la flore de la période du Mammouth en Belgique. Nous la connaissons dans le nord de la France, dans les tufs de Besson et les lignites de Jairville (Meurthe).

Nous y trouvons, à côté des représentants de nos forêts actuelles, des essences des hautes montagnes, telles que les Genévriers, les Pins, les Épicéas, les Mélèzes, les Aulnes (*Alnus incana*), les Saules à grandes feuilles, les Merisiers à grappes, les Planes (*Acer platanoides*), les Érables à feuilles d'obier, associés à quelques formes des pays froids : le Bouleau blanc, l'*Abies medioxina* et le *Pinus obovata*.

Cette flore indique un climat uniforme, froid et humide.

La faune, au contraire, nous est fort bien connue. Elle est caractérisée, comme M. Dupont l'a fait remarquer le premier, par une association de trois types fauniques de mammifères : les formes aujourd'hui éteintes, les formes aujourd'hui émigrées et les formes vivant actuellement chez nous.

Le porte-drapeau de cette faune, c'est le Mammouth (*E. primigenius*), ce majestueux éléphant aux immenses défenses et au corps recouvert d'une épaisse fourrure; vient ensuite le Rhinocéros à narines cloisonnées (*R. tichorhinus*), pourvu aussi d'une riche toison; puis le Mégacéros (*M. hibernicus*), ce grand cerf à la ramure colossale; puis l'Ours des cavernes (*U. spelaeus*), aux formes lourdes et massives, dont on a retrouvé récemment une variété vivante, sur les bords asiatiques de la mer de Behring. Ces quatre espèces ont disparu comme telles.

Les deux principaux représentants de la faune émi-

grée vers le sud sont l'Hyène tachetée (*H. crocuta*), qui habite aujourd'hui le midi de l'Afrique, mais qui remonte vers l'est, en Abyssinie, jusqu'à 4,000 mètres d'altitude; le Lion (*F. leo*), qui s'est maintenu au sud-est de l'Europe jusqu'aux temps historiques (Thrace et Macédoine), et que l'on rencontre en Afrique jusqu'à 2,400 mètres de hauteur.

Les espèces alpines, toujours rares, sont représentées notamment par le Bouquetin (*Capra ibex*), le Chamois (*Antilope rupicapra*), la Marmotte (*Arctomys marmotta*), le Lièvre blanc (*Lepus variabilis*).

Les formes nordiques ont pour types : le Renne (*Tarandus rangifer*), d'abord peu abondant; le Wapiti ou Cerf du Canada (*Cervus canadensis*); l'Élan (*Cervus alces*), très rare, qui vivait encore en Poméranie en 1530 et dont on a tué le dernier exemplaire en Silésie en 1776; le Bœuf musqué (*Ovibos mosquatus*), toujours rare et confiné aujourd'hui presque exclusivement dans le territoire de l'Alaska; le Glouton (*Gulo luscus*), toujours rare aussi, dont j'ai recueilli l'unique squelette connu dans une grotte à Ciney; il vivait encore il y a un siècle dans la forêt de Bialowicza (Lithuanie russe); le Lynx (*Felis lynx*), rare, l'avant-dernier félin de notre pays; l'Ours gris (*U. ferox*) de la Californie; le Lagomys des neiges (*L. alpinus*), très rare; le Lemming de Norvège (*Lemnus norwegicus*), très rare; le Hamster (*Cricetus frumentarius*), qui vient de nous revenir après une absence de bien des siècles.

Citons comme représentants de la faune émigrée vers l'est et le nord-est, l'Antilope Saïga (*Saiga tartarica*), d'abord rare et plus commune à la période suivante, que nous retrouvons avec les Spermophyles (*S. citillus*) dans les steppes de la Russie d'Europe et d'Asie.

Les principales espèces qui se sont maintenues dans le pays jusqu'aujourd'hui, ou qui ont été détruites de la main de l'Homme, pendant les temps protohistoriques ou historiques sont : l'Urus (*Bos primigenius*), souche de nos bœufs; l'Auroch (*Bison europaeus*), qui existe encore dans cette forêt de Bialowicza; le Cheval (*Equus caballus*), souche de notre variété ardennaise belge (*E. caballus belgicus*); le Cerf élaphe (*C. elaphus*); le Chevreuil (*C. capreolus*); le Sanglier (*Sus scrofa*); l'Écureuil commun (*Sciurus vulgaris*); le Lérot (*Eliomys nitela*); le Mulot (*Mus sylvaticus*); les Arvicoles; le Lièvre (*Lepus timidus*) et le Lapin (*L. cuniculus*); le Castor (*C. fiber*), dont les derniers représentants européens habitent les berges du Rhône et qui vivait encore chez nous il y a quelques siècles; le Chien (*Canis familiaris*), forme ancestrale du Loulou de Poméranie; le Loup (*C. lupus*); le Renard (*C. vulpes*); le Blaireau (*Meles taxus*); la Belette (*Mustela vulgaris*); l'Hermine (*M. herminea*); la Fouine (*M. fouina*); le Putois (*M. putorius*); la Loutre (*Lutra vulgaris*); la Taupe (*Talpa europaea*); le Hérisson (*Erinaceus europaeus*); enfin des Chauves-Souris.

Au milieu de cette faune, à la fois majestueuse et terrible, vivait l'Homme, l'Homme faible et sauvage, mais courageux, disputant aux ours, aux lions et aux hyènes la possession des cavernes.

Intrépide chasseur, il s'attaquait soit par la ruse, soit par la force, à tous les animaux dont je viens de parler.

Il dépeçait sur place le gros gibier et ne portait dans son repaire, à peine accessible par un sentier abrupt, que les parties les mieux en chair et la tête débarrassée des cornes ou des bois encombrants.

On rencontre dans les dépôts inférieurs et moyens de nos grottes, vers l'entrée, des accumulations d'ossements de tous ces animaux, ayant surtout appartenu à de jeunes sujets. La plupart des os longs ont été brisés avec intention pour en retirer la moelle; il en est de même des crânes. Ce sont là les reliefs des repas de nos troglodytes.

Le Dr Tihon et moi, nous avons recueilli, dans les dépôts de cet âge d'une seule caverne de la Mehaigne, plus de trois mille ossements, et parmi eux les restes de cent vingt-quatre chevaux ayant servi de nourriture aux habitants de celle-ci.

L'Homme connaissait déjà le feu, comme on peut le voir par les accumulations de charbon de bois rencontrées à l'entrée de beaucoup de grottes. Allumait-il ces brasiers pour éloigner les fauves pendant la nuit, ou cuisait-il déjà ses aliments?

Le bois a dû être utilisé, depuis les débuts de l'Humanité, comme outil et comme arme, mais nous n'en retrouvons que rarement des traces.

Le silex est la matière première par excellence de l'outillage.

C'est surtout, dans les stations que j'ai fouillées, le silex indigène, spécialement le silex de la Hesbaye, qui a été utilisé. Le phtanite et le grès lustré étaient aussi employés.

Le type de l'industrie rencontrée dans les grottes-habitations de l'âge du Mammouth n'est pas absolument homogène.

J'ai recueilli, dans la grotte du Harre du Gibet, à Falhise (Anthée), un superbe « coup-de-poing » chelléen, associé à des pointes moustériennes, dans un dépôt de cette période.

Le Dr Tihon et moi, nous avons rencontré dans la caverne de la carrière de l'Hermitage, entre Moha et Huccorgne, l'industrie chelléenne et acheuléo-moustérienne des dépôts du Hainaut à faune du Mammouth, représentée par plus de mille six cents pièces associées à des débris de cuisine n'appartenant qu'au Mammouth, au Rhinocéros tichorhin, au Mégacéros, au Cheval, à l'Urus, au grand Ours et à l'Hyène.

Au Trou Sandron (Huccorgne), on a également recueilli plusieurs pointes en amande, ainsi qu'à la grotte de Spy-sur-l'Orneau, associées à la faune du Mammouth.

Presque partout ailleurs, les gisements des grottes habitées à cette époque montrent deux autres industries, suivant qu'il s'agit d'une station du commencement ou de la fin de la période du Mammouth.

Premier âge du Mammouth. — Pendant la première partie de l'âge du Mammouth, c'est le racloir qui est l'outil typique; il y en a de toutes les formes et de toutes les dimensions. Le plus souvent, ce sont des éclats, des lames, des pointes retouchées d'un seul côté, ayant servi de grattoirs pour écorcer les branches, écorcher les animaux, racler les peaux et les os.

Les esquilles de ces os et les stylets de chevaux étaient surtout utilisés comme perçoirs. Quelquefois un morceau d'os, plus souvent un fragment de bois de Renne, étaient taillés en pointe de lance ou de sagaie (Trou-du-Sureau, à Montaigle, et grotte Al'Wesse, à Modave.)

C'est alors que nous constatons les premières tentatives de l'art du potier. L'homme avait à ses pieds, dans la plupart des grottes, la matière première : le sable et l'argile. Il les mélangea, il en façonna à la main quelques récipients primitifs qu'il sécha au feu.

Nous possédons deux exemplaires de cette antique poterie, l'un provenant de la deuxième caverne d'Engis (Awirs), l'autre de la grotte Al'Wesse, à Petit-Modave. Hier, MM. De Pauw et Hublard rencontraient des fragments d'une poterie très grossière, associée à une industrie qui pourrait être de la période du Mammouth dans une station à ciel ouvert au Caillou-qui-bique, près d'Angre (Hainaut). L'âge de la poterie de la caverne de Spy est douteux.

Nous connaissons les hommes contemporains du premier âge du Mammouth qui vivaient dans les cavernes de la vallée de la Meuse.

M. É. Dupont, en 1864, trouvait une mâchoire inférieure, recueillie dans la grotte de la Naulette-sur-Lesse.

MM. Max Lohest et Marcel De Puydt exhumaient, en 1886, deux squelettes de la grotte de Spy-sur-l'Orneau (Namur) dans des conditions de gisement très sûres.

L'étude détaillée de ces ossements, les plus nombreux et les plus complets que l'on connaisse jusqu'ici, m'a permis d'établir sur des bases solides et définitives les caractères anthropologiques de ce type humain primitif que Schaaffhausen avait appelé la race de Néanderthal et qui avait reçu de Quatrefages et d'Hamy le nom de race de Canstadt.

Les hommes de Spy, petits et trapus, avaient à peine $1^{m},60$ de taille. Le crâne allongé, déprimé et étroit, était pourvu d'un front bas et fuyant, avec des saillies sourcilières fort proéminentes. Son sommet était aplati, tandis que la région occipitale présentait un développement considérable, avec une large crête transversale (*torus occipitentalis transversus*). La face, assez proéminente, avait de grandes orbites et des mâchoires légèrement

avançantes. Le maxillaire inférieur, puissant, était dépourvu de menton et armé d'une superbe denture très usée obliquement.

Les bras étaient courts, la main large, les jambes solides et à demi ployées, d'avant en arrière, dans la station verticale.

L'ensemble de ces caractères ostéologiques s'identifiant avec ceux d'une série de pièces isolées, rencontrées dans des gisements du même âge sur différents points de l'Europe, m'avait conduit à voir dans ces ossements les représentants de la race humaine la plus inférieure que nous connaissions.

La plupart des anthropologistes se rallièrent à cette interprétation. Seul M. Virchow et son école ne voulaient voir là que des cas pathologiques, ou bien discutaient l'authenticité des gisements de l'Allemagne. Il a fallu la découverte du *Pithecanthropus* dans le Tertiaire (Pliocène) de Java, par le Dr Eugène Dubois, pour que l'on prenne en considération, en pays allemand, nos restes humains quaternaires. Nous en avions fait une race; aujourd'hui les professeurs Schwalbe et Klaatsch y voient une espèce spéciale, peut-être même un genre. Ce n'est pas ici la place de discuter cette question.

Ces premières populations de la période du Mammouth ont laissé de nombreuses traces de leurs habitants dans les dépôts inférieurs de beaucoup de cavernes de la vallée de la Meuse, de la Lesse, de la Molignée, du Hoyoux, de la Mehaigne, de l'Ourthe et de la Vesdre. M. Dupont en a exploré une quinzaine, et, pour ma part, soit seul, soit en collaboration, j'en ai fouillé une quarantaine.

Ces troglodytes de la période du Mammouth étaient-ils

les frères des peuplades qui habitaient alors le Hainaut ou appartenaient-ils à une autre race?

M. Dupont a pensé qu'ils n'étaient pas de la même souche ethnique, à cause de la différence de leur outillage et surtout de la nature et de la provenance étrangère (Champagne) du silex ayant servi à sa confection, dans les stations qu'il avait fouillées.

M. Rutot, d'autre part, est porté à croire qu'il n'y a pas eu contemporanéité entre ces populations. Il croit que les peuplades du Hainaut de la période du Mammouth avaient abandonné le pays pour se retirer plus au sud, lorsque des populations provenant de la Champagne auraient descendu la Meuse pour prendre possession des cavernes.

Cependant, dans toutes les grottes-habitations de cet âge que j'ai fouillées et que d'autres ont explorées, la presque totalité de la matière première de l'outillage est du silex indigène. De plus, j'ai montré que dans plusieurs cavernes de la Mehaigne, l'industrie est la même que celle des hommes du Hainaut.

Je pense donc qu'au début, tout au moins, de l'âge du Mammouth, c'étaient les mêmes populations qui habitèrent le Hainaut et les cavernes de la Mehaigne. Peut-être certaines peuplades, chassées par le froid des plaines du Hainaut, vinrent-elles se réfugier alors dans les cavernes. Mais je ne nie pas que dans la suite ou déjà alors d'autres populations, venant peut-être de la Champagne, aient pu prendre possession de certaines cavernes de la Haute-Meuse et de ses affluents. Nous allons d'ailleurs voir, pendant le deuxième âge du Mammouth, un second type ethnique venir se superposer à celui de la race de Néanderthal.

Deuxième âge du Mammouth. — Les successeurs des hommes de Spy continuèrent longtemps encore à habiter cette caverne et beaucoup d'autres de notre pays pendant la deuxième partie de l'âge du Mammouth. Ils perfectionnèrent leur outillage en ajoutant à leurs pointes et à leurs racloirs une série d'autres instruments, tels que retouchoirs, scies, burins, lames de plus en plus nombreuses, utilisées comme couteaux ou taillées sur les bords. La matière première était encore généralement de provenance indigène, sauf dans certaines stations de la Lesse ou de la Haute-Meuse, où l'on rencontre aussi des roches étrangères au pays, indiquant déjà des relations commerciales ou de contact plus ou moins éloignées.

Ces hommes commencent à confectionner en plus grand nombre des instruments en os et en corne de renne, animal qui devient de plus en plus abondant. Ce sont surtout des armes qui sont faites en ces matières, telles que pointes de lances, de javelots et de flèches, des harpons et jusqu'à des aiguilles.

Le goût de la parure s'était largement développé chez nos troglodytes et avec lui le sentiment artistique. Ils font des colliers et des bracelets au moyen de coquilles et de dents perforées. Ils emploient aussi à profusion l'ivoire du Mammouth dans certaines stations pour fabriquer des perles de colliers et des bracelets, au point que M. Piette a donné à ce temps le nom d'époque éburnéenne. C'est alors que l'art dans les cavernes prit son véritable essor entre les mains des sculpteurs et des graveurs primitifs. L'ivoire, l'os et le bois de renne sont taillés en ronde-bosse sous la forme de têtes de chevaux, de corps de rennes, de représentations humaines et de mille autres sujets. Le burin de silex représente dans ces

matières et dans le schiste l'image du Mammouth, du Renne, de l'Auroch, du Cheval, du Saumon, de la Femme et de l'Homme; il y trace de simples lignes entre croisées, en zig-zag, ou des chevrons superposés.

Ils gravent même sur les parois de leurs demeures des sujets présentant la même facture que leurs ivoires ou leurs ardoises.

Ils font usage de matières colorantes telles que l'oligiste et l'ocre, qu'ils pulvérisent et qu'ils conservent dans des os creux d'oiseaux, les premières boîtes à couleurs, et dont ils teignent leurs parures. En Dordogne, on vient de découvrir de grandes et belles peintures à fresque rouges et noires sur les parois de certaines grottes.

Néanmoins, avec l'art en plus, ces hommes avaient les mêmes mœurs que leurs prédécesseurs; ils chassaient le même giblier, à l'exception du grand Cerf (*Megaceros*), qui avait déjà disparu, et du grand Ours, qui était devenu très rare.

Cette industrie humaine dont je viens de parler est bien représentée dans les dépôts moyens et supérieurs de plusieurs grottes de la Meuse et de ses affluents. M. Dupont nous l'a montrée dans la troisième caverne de Goyet et au Trou-Magritte, à Pont-à-Lesse. MM. Lohest et De Puydt l'ont rencontrée dans le deuxième niveau ossifère de la grotte de Spy.

C'est déjà l'âge du Renne pour certains géologues; c'est le Magdalénien des archéologues français. C'est l'équivalent de l'industrie et de l'art des cavernes de la Corrèze et de la Dordogne chanté par Lartet, Christy et Massenat; du Mas-d'Azil (Ariége) et de Brassempuy (Landes), dont M. Piette nous a fait connaître les merveilles.

M. Harroy veut voir chez nous un art préhistorique dans des milliers de silex qu'il a recueillis dans les stations les plus variées. Il croit reconnaître dans les profils de rognons bruts, d'instruments ou de simples éclats, la représentation d'un animal ou d'une figure humaine, souvent combinés deux à deux. Sans doute, beaucoup de ces pièces présentent une forme naturelle rappelant un profil animal ou humain, qui a pu frapper jadis comme aujourd'hui ceux qui les ont ramassées. Je concède même que quelques-uns de ces silex ont pu recevoir de loin en loin et à toute époque quelques retouches intentionnelles exagérant leur forme imitative naturelle. Cette théorie, défendue par son auteur avec un courage, une ténacité et une bonne foi auxquels il faut rendre hommage, n'a rencontré chez nous, jusqu'ici, qu'un scepticisme complet.

Les ouvriers et les artistes dont nous avons parlé appartiennent à une race humaine à caractères ostéologiques différents de ceux des Néanderthaliens. Ils sont encore de petite taille, ne dépassant pas $1^{m},60$. L'ensemble de leur squelette montre de la robusticité. Leur crâne est encore allongé (dolichocéphale), mais le front se relève en façade et s'arrondit au sommet en une voûte. La région occipitale, projetée en arrière, forme chignon. Les arcades sourcilières sont peu proéminentes et la face, disharmonique, est peu avançante. Le menton est bien développé et la symphyse dirigée en avant. Les fémurs sont peu arqués et les tibias aplatis transversalement. C'est la race de Cro-Magnon (Dordogne) ou de Laugerie-basse (Dordogne), à laquelle on rapporte ordinairement les deux crânes et les ossements, découverts par Schmerling dans la deuxième caverne d'Engis, mais que d'autres font néolithiques.

C'est aussi à ce type ethnique qu'appartient une mâchoire inférieure trouvée par M. Dupont dans une caverne de Goyet.

Au point de vue de la chronologie des temps quaternaires, ce que nous avons appelé la période du Mammouth correspondrait surtout à l'époque campinienne pour un certain nombre de géologues belges.

M. Rutot la prolonge à travers trois époques : le Campinien, le Hesbayen et le Brabantien. Il fait commencer, avec doute, l'habitation des cavernes par l'Homme vers le milieu de l'époque campinienne. Puis, il y aurait eu un arrêt pendant le dépôt du limon hesbayen, correspondant à une vaste inondation du pays. Puis, de nouveau, les chasseurs de mammouths auraient repris possession des grottes pendant l'époque à laquelle il a donné le nom de brabantienne.

Cette interprétation des faits n'est pas admise par tous nos géologues et paléontologistes; sa discussion ne peut entrer dans le cadre de cette lecture.

Période du Renne.

Nous voici arrivés à la période du Renne, caractérisée au point de vue faunique, comme le fait remarquer M. Dupont, par la disparition de nos régions d'une partie de la faune de la période du Mammouth. Celui-ci persiste encore, mais va bientôt s'éteindre. Le grand Ours a disparu ainsi que le Rhinocéros à narines cloisonnées et le Mégacéros.

Le Lion et l'Hyène ont émigré vers le sud-est.

Le Renne est à son apogée et avec lui la faune nordique représentée par le Cerf du Canada, l'Élan, le Bœuf mus-

qué, le Glouton, le Renard bleu, l'Ours gris et le Lemming. La faune des steppes a pour représentant le Saiga, et celle des montagnes le Bouquetin, le Chamois, la Marmotte, le Campagnol des neiges, le Lièvre des Alpes et l'Ours brun. Enfin, il y a les hôtes actuels de nos forêts et de nos plaines, avec l'Urus, l'Auroch, le Cheval, le Chien et le Castor, en plus.

Les oiseaux les plus caractéristiques sont la Chouette harfang du nord (*Nyctea nivea*), le Tétras des saules (*Tetrao tetrix*) et le grand Coq de bruyère (*Tetrao urogallus*) du nord et des montagnes, le Lagopède des neiges (*Lagopus albus*), très commun et que l'on trouve aujourd'hui en Suède, en Norvège et sur les sommets neigeux de nos hautes chaînes de montagnes, le Chocard des Alpes (*Pyrrhocorax alpinus*), aussi très commun.

La manière de vivre des troglodytes de la période du Renne est la même que celle des hommes du deuxième âge du Mammouth : ce sont encore des chasseurs. Ils ont l'industrie dégénérée des Magdaléniens : c'est alors le règne des lames, des grattoirs, des perçoirs, des aiguilles à chas; cet outillage propre à la confection des vêtements en peau.

Les stations humaines de cette période sont beaucoup plus rares en Belgique que les précédentes. M. Dupont en a rencontré plusieurs dans la vallée de la Lesse, caractérisées non seulement par la facture de l'industrie, mais encore par la provenance étrangère d'une partie de la matière première : silex et coquilles. Je citerai les niveaux supérieurs des grottes de Chaleux, de Montaigle et de Furfooz.

MM. P. Destinez et Moreels ont aussi découvert une station de cet âge dans la caverne de Verlaine, près de Hamoir, sur l'Ourthe.

Vers la fin de la période du Renne apparaît chez nous une troisième race humaine, bien différente des deux précédentes. Les hommes qui lui appartiennent ont la taille un peu plus grande, environ $1^m,65$. Ils ont les os relativement grêles, le crâne beaucoup plus rond, le front assez bas, les arcades sourcilières peu développées, la face et le menton peu saillants. C'est la race de Furfooz, que M. Dupont nous montre ayant encore les mœurs des chasseurs de chevaux et de rennes, mais qui déjà inhumait ses morts, à la façon des hommes de la pierre polie. Elle nous représente l'avant-garde des Néolithiques asiatiques qui s'avançaient déjà à la conquête de l'Europe.

Beaucoup, et j'ai été du nombre, ont vu dans cette sépulture du Trou-du-Frontal, à Furfooz, une inhumation néolithique en terrain quaternaire de l'âge du Renne. Mais en présence de l'affirmation du géologue qui nous dit que les ossements humains se trouvaient dans une couche non remaniée, nous devons nous incliner, malgré les apparences contraires d'une récente découverte de sépulture néolithique au Trou-du-Crâne, à proximité du Trou-du-Frontal, faite par MM. Van den Broeck et Rahir.

La période du Renne correspondrait à la dernière division du Quaternaire, le Flandrien, d'après M. Rutot.

Transition du Paléolithique au Néolithique.

Le Renne a émigré vers le nord avec toute la faune boréale et, à leur suite, vraisemblablement, une partie des populations humaines qui en vivaient. Une autre partie de la faune a gagné les montagnes élevées : le

Bouquetin, le Chamois, l'Ours brun, la Marmotte, l'Arvicole des neiges.

Nous sommes à une époque de transition des temps quaternaires aux temps modernes. Elle est caractérisée, au point de vue faunique, par la disparition des formes boréales et alpines, par la persistance de certaines formes quaternaires que l'homme a détruites dans le cours des périodes protohistoriques et historiques.

Elle montre, d'autre part, une industrie dégénérée des chasseurs de chevaux et de rennes, où toute préoccupation d'art dans la confection de l'outillage et des armes a disparu.

La taille du silex est en pleine décadence; le bois de cerf remplace celui du renne dans la fabrication des instruments tels que harpons et pointes de lances. C'est l'industrie que M. Piette a appelée *élaphienne*.

On a trouvé un certain nombre de stations de cet âge, dans la Haute-Garonne à Saint-Martony, dans les Pyrénées françaises, dans le Jura bernois et en Écosse. C'est dans une de ces grottes que M. Piette a rencontré des cailloux peints. G. de Mortillet a donné à cette époque le nom de *tourasienne*.

Jusqu'ici, nous n'avons pas recueilli dans nos cavernes cette industrie. Mais je pense, avec M. Dupont, que l'on pourrait considérer comme datant de cette époque la faune de certaines de nos tourbières, caractérisée par la présence de l'Urus, de l'Auroch, du Cheval, du Cerf et du Castor. Peut-être les *Kjœkkenmœddings* danois et ceux de la vallée du Tage auraient-ils aussi le même âge.

Combien a duré l'ère quaternaire?

Les géologues, les paléontologistes et les archéologues ont fait mille tentatives pour résoudre cette question : les

unes basées sur l'extension et le retrait des glaciers, la marche des blocs qu'ils transportent; d'autres établies sur la formation des deltas d'embouchure, le déplacement des dunes, le creusement du lit de certains fleuves, tel le Niagara, sans parler des hypothèses astronomiques.

G. de Mortillet et Laing parlaient de 200,000 ans; MM. E. Haeckel et Rutot demandent plus de 100,000 ans; d'autres descendent à 60,000 ans; d'autres enfin se contenteraient de 10,000 ans.

Le problème est d'une complexité extrême et, jusqu'aujourd'hui, nous manquons d'un chronomètre sûr pour mesurer la durée des temps quaternaires.

Période néolithique.

Mais voici que nous arrivent de ces régions situées entre l'Asie Mineure, le Caucase, le nord de la Perse et la Tartarie, des poussées successives de bandes nombreuses de populations nouvelles. Elles viennent modifier profondément dans leur sang et dans leurs mœurs celles qui vivaient dans notre pays à l'état sauvage ou demi-sauvage.

Ce sont les peuplades néolithiques.

Elles utilisent encore la pierre pour en faire des instruments de travail et des armes, mais elles savent polir le silex et les roches dures. Constituant des agglomérations trop denses pour habiter des grottes, elles construisent en plein air des cabanes de bois ou de torchis, réunies en bourgades, ou bien élèvent des maisons sur pilotis au milieu des marais ou des lacs. Elles importent chez nous l'art du potier à peine essayé par les Paléolithiques.

Agriculteurs, ces hommes se livrent à la culture de

certaines céréales et connaissent déjà le tissage des étoffes. Pasteurs, ils arrivent escortés du chien, du bœuf, du cheval, du mouton, de la chèvre et du porc, réduits en domesticité.

Ils ont le culte des morts, déjà ébauché dans une station des derniers chasseurs de rennes. Chez nous, ils choisissent surtout les cavernes naturelles comme nécropoles; en d'autres régions, ils élèvent de grandioses monuments à leurs morts : les dolmens, les allées couvertes et les coffres de pierre; ou bien encore, ils creusent dans la roche des cryptes profondes.

C'est, comme vous le voyez, toute une civilisation qu'ils apportent aux sauvages habitants de notre pays.

Les Néolithiques ont laissé en Belgique des représentants innombrables de leurs diverses industries, disséminés à la surface du sol, ou ramenés par le soc de la charrue, ou encore enfouis dans les dépôts superficiels des grottes ou de l'extérieur.

Nous leur connaissons un grand nombre de stations à ciel ouvert où ils ont habité, des ateliers de taille, des puits d'extraction de silex, des sépultures et quelques monuments.

Mais il a été impossible jusqu'ici aux plus perspicaces de nos archéologues de grouper toutes ces trouvailles dans une classification chronologique quelconque, comme cela a été tenté depuis longtemps en France et en Scandinavie (1).

---

(1) Gabriel et Adrien de Mortillet, Philippe Salmon divisent les temps néolithiques en quatre étapes :

1° L'*Époque tartenoisienne*, faisant la transition du Paléolithique au Néolithique. Les stations qui lui appartiennent, contiennent

Ne pouvant suivre un ordre chronologique dans l'exposé de nos connaissances sur le Néolithique chez nous, je me contenterai de passer en revue les principales découvertes se rapportant à cette période.

---

comme instruments les plus en évidence, de petits silex à formes géométriques, avec survivance des burins magdaléniens.

2° L'*Époque campinienne*, souvent réunie à la précédente, caractérisée par les tranchets ou coupoirs, avec polissage encore très sommaire.

3° L'*Époque chasséo-robenhausienne*, caractérisée par le grand développement du polissage des haches, les beaux racloirs arrondis, les pointes de flèches superbement taillées, l'abondance des poteries, etc.

4° L'*Époque carnacienne*, caractérisée par la facture artistique des haches; l'extrême extension du polissage; l'emploi de matières précieuses et d'origine étrangère, telles que la jadéite, la stéatite, l'ambre; le perfectionnement de la céramique et du tissage; l'édification des monuments, dolmens, allées couvertes, cistes, menhirs, alignements, cromlechs.

Dans le nord de l'Europe, il n'y a pas eu de période paléolithique, le pays étant sous les glaces.

L'industrie des *Kjækkenmæddings* se retrouve en Danemark et dans le sud de la Norvège et de la Suède.

La plus récente classification du Néolithique en Scandinavie nous est donnée par M. Montelius (1899). Il distingue :

1° Le premier âge, correspondant au robenhausien des auteurs français;

2° Le deuxième âge, caractérisé par les dolmens proprement dits et leurs mobiliers;

3° Le troisième âge, caractérisé par les allées couvertes avec couloirs d'accès et leurs mobiliers;

4° Le quatrième âge, caractérisé par les coffres de pierre ou les cistes et leurs mobiliers.

Les puits d'extraction et les ateliers de taille. — Les Néolithiques à la recherche de la matière première qui devait leur servir à la fabrication des outils et des armes, ne se sont pas contentés, comme les Paléolithiques, d'extraire les rognons de silex dans les affleurements. Ils ont exécuté de véritables exploitations par puits et par galeries, auxquelles étaient souvent annexés des ateliers de taille.

Le plus important de ces établissements miniers et industriels est celui de Spiennes. C'est par centaines de mille qu'on a récolté, dans le grand atelier, des blocs-matrices, des enclumes, des pics, des lames, des grattoirs, des racloirs, des retouchoirs, des ciseaux, des ébauches de haches.

Les produits bruts et façonnés de l'atelier de Spiennes ont irradié dans toutes les stations du Hainaut, du Brabant et des Flandres. Ses haches polies se sont répandues également dans le pays de la vallée de la Meuse.

Les puits d'extraction d'Obourg avaient aussi leur importance pour l'exploitation du beau silex noir de la craie. Ils envoyaient leurs produits dans le Hainaut, le Brabant, en Flandre et dans la région de Namur et de Liége.

M. de Munck a découvert, en 1890, dans une des galeries d'Obourg, un mineur néolithique écrasé sous un éboulement; il avait encore à côté de lui son pic en bois de cerf.

Avennes était aussi le centre d'une série d'exploitations d'une troisième catégorie de silex : celui de la Hesbaye.

M. de Loë nous a montré que là encore l'extraction se faisait dans les affleurements et au moyen de puits.

C'était vers l'est de la Belgique que se faisait l'écoulement des produits des établissements d'Avennes.

Il faut encore citer l'atelier d'exploitation et de taille de Rulen, au nord de la province de Liége, où le silex gris bleuâtre se trouve en place à 20 centimètres sous la terre végétale.

Enfin, il y avait aussi, au sud du Limbourg hollandais, à notre frontière actuelle, le grand atelier de Sainte-Gertrude, près d'Eysden, où le même silex fut exploité dans des affleurements. Ces deux établissements ont déversé leurs produits dans le nord de notre pays et en Hollande. M. Marcel De Puydt nous a montré les caractères propres de ces deux ateliers.

Il y avait également des exploitations de phtanite, de grès et de quartzite. Une des plus intéressantes parmi ces dernières est celle de Wommersom (Tirlemont), découverte par le Dr Raeymaekers, et qui était déjà en activité pendant le Paléolithique.

Trouvailles isolées et stations à ciel ouvert. — Elles sont innombrables en Belgique les trouvailles à la surface du sol de toutes espèces d'instruments néolithiques, parmi lesquels ceux qui ont le plus attiré l'attention des chercheurs sont les belles haches polies et les superbes pointes de flèches constituant souvent de véritables bijoux. La matière première dont sont fabriqués ces objets est d'abord le silex dans ses diverses variétés du pays; viennent ensuite des phtanites, des cherts, des quartzites, des grès landeniens, bruxelliens et paniseliens, des poudingues, des psammites. On a pu voir, en 1897, à l'Exposition de Bruxelles, une très intéressante collection, formée par le baron de Loë, de toutes ces roches du pays, naturelles ou altérées, ainsi que des séries d'instruments confectionnés dans celles-ci.

Des objets en matières étrangères à la région ont été recueillis en assez grande abondance. Ce sont surtout des haches polies en silex, en porphyres ou en diverses pierres vertes : serpentine, fibrolithe, chloromélanite, néphrite et plusieurs variétés de jadéites.

L'origine de plus d'une de ces roches employées par les Néolithiques est encore discutée aujourd'hui. Celles qui ont le plus excité l'intérêt des archéologues sont les néphrites et jadéites. Les uns plaçaient les gisements de ces matières précieuses dans les Alpes; d'autres dans des points de l'Océan submergés aujourd'hui; d'autres les faisaient venir par voie commerciale de l'Inde et de la Chine. En 1900, M. Kunz nous annonçait la découverte, à Jordansmühle, en Silésie, d'un bloc de cette roche précieuse pesant 2,300 kilogrammes. Ce bloc aurait suffi à lui seul à fournir la matière première de toutes les haches de néphrite trouvées en Europe.

Les instruments en pierre se rencontrent ordinairement localisés en certains points d'une région, indiquant un séjour de l'homme plus ou moins prolongé; c'est ce que l'on a appelé des *stations*. La répartition topographique de celles-ci ne répond pas exclusivement à des promontoires et des plateaux faciles à défendre, mais en général à des lieux d'habitation, à sol sec et perméable, situés à proximité de sources ou de cours d'eau, comme M. Cumont l'a relevé récemment dans le Brabant, le Hainaut et dans la province de Namur.

Stations à petits instruments de formes géométriques. — On a recueilli en plusieurs endroits de petits instruments de formes géométriques, considérés en France comme caractéristiques de l'aurore des temps néoli-

thiques; mais ils sont presque toujours associés à des spécimens de l'outillage typique du bel âge de la pierre polie : le Robenhausien (grattoirs, haches polies, pointes de flèches).

La station où cette industrie minuscule a été rencontrée le moins mêlée et en plus grande abondance est celle de Sarts-à-Soile, près de Rivière (Namur), où M. Éd. de Pierpont a recueilli dix mille pièces avec lesquelles n'étaient mêlés que quelques grattoirs, six pointes de flèches barbelées et trois silex présentant des traces de polissage.

La station du Thier-Molu (Huccorgne), explorée par M. De Puydt, contenait avec ces petits instruments quelques pointes de flèches et la plus petite hache polie connue en Belgique, bijou mesurant 48 millimètres de longueur.

Dans la station de Mendonck (Flandre orientale), M. van Overloop rencontrait, à côté de petits instruments de facture très grossière, de beaux spécimens de l'industrie typique robenhausienne.

Stations à tranchets. — Les tranchets ou coupoirs, considérés aussi chez nos voisins du sud comme des instruments des débuts du Néolithique, se trouvent chez nous associés à des formes robenhausiennes.

M. G. Cumont a rencontré dans la station de Rhode-Saint-Genèse (Brabant) et dans celle de Verrewinkel, plus de six mille pièces consistant en haches polies de roches étrangères, pointes de flèches à tranchant transversal et nombreux tranchets.

A la station de La Hulpe (chaussée), le Dr Tiberghien trouvait des haches polies avec beaucoup de tranchets. Il

en fut de même pour le Dr Jacques, à la station de Boitsfort (Étang), et pour M. De Puydt à celle de Ghlin (Hainaut).

Les fonds de cabanes. — Parmi les diverses phases du Néolithique belge, il en est une très spéciale et d'un haut intérêt : c'est celle des *Fonds de cabanes* de la Hesbaye, à laquelle MM. Marcel De Puydt et Davin-Rigot ont attaché leur nom. C'est en 1888 que furent signalés les premiers restes de ces habitations mi-souterraines, de forme ronde ou allongée. Depuis lors, quatre agglomérations, contenant plus de cent cabanes, ont été mises au jour sur les territoires des communes de Latinne, Tourinne et Vieux-Waleffe. Ces villages néolithiques sont voisins les uns des autres ; on en a levé les plans. Les inventaires des mobiliers, qui ont partout le même caractère, ont été dressés avec soin. Les populations qui les occupaient utilisaient le silex de la Hesbaye avec quelques autres roches de provenance plus ou moins éloignée et même étrangère (phtanite, grès rhénan, serpentine et téphrite). La caractéristique de cette industrie est l'extrême abondance des nucleus, des lames, des éclats et l'absence de pointes de flèches et de haches polies ou ébauchées *en silex*, alors qu'il en existe des ateliers aux environs. On a recueilli aussi, dans presque chaque fosse, des meules dormantes à main, en grès, pour broyer les grains, des restes de foyers avec leur charbon de bois, de la sanguine et de l'oligiste réduit en poudre.

Mais les objets qui présentent le plus grand intérêt sont les poteries. Il y en a abondamment dans chaque fond de cabane, les unes grossières, les autres d'une pâte

très fine et faites au tour. Toutes sont de grandeur et de forme très diverses, quelques-unes très élégantes. Toutes sont merveilleuses par la variété et la richesse des ornements en creux, rectilignes ou curvilignes, obtenus au doigt, à la gratine ou au burin, soit avant, soit après la cuisson.

La beauté de ces poteries et leur ornementation, la présence de quelques instruments polis en phtanite et en pierre verte, l'absence de tranchets en silex ne permettent pas de synchroniser l'époque de la construction de ces villages avec celle où furent édifiées en France des habitations analogues à Campigny (Seine-Inférieure), à Choisy-le-Roi (Seine-et-Oise), à Catenoy (Oise), que nos voisins datent des débuts du Néolithique. D'autre part, il y a bien des points de ressemblance entre ces habitations hesbignonnes et celles du Reggionais, en Italie, mais aussi bien des dissemblances. Si l'on prend comme critérium la facture et la perfection de la céramique, on doit alors, sans hésiter, classer nos fonds de cabanes dans les derniers temps du Néolithique. J'ai partagé depuis longtemps cette opinion avec Ph. Salmon, mais M. De Puydt, plus circonspect, n'a pas osé, jusqu'ici, se prononcer.

Cité palustre. — Un autre type d'habitation qui a vu le jour pendant la période néolithique, c'est la palafitte ou construction sur pilotis, dont le type classique s'est rencontré dans les lacs suisses.

Nous avons aussi notre cité lacustre belge. Je veux parler de la découverte de Denterghem, près de Thielt. En 1889, M. l'abbé Claerhout faisait connaître la trouvaille d'une station palustre élevée sur pilotis dans une

plaine marécageuse, située au bord d'un ruisseau, affluent de la Vieille Mandel. Cette palafitte fut construite par les Néolithiques, puis elle fut occupée, comme les crannoges d'Irlande et d'Écosse, depuis cette époque jusqu'au XIVe siècle après J.-C.

Je renseignerai encore une dernière station très spéciale et fort intéressante que m'a fait connaître M. de Loë, dans les dunes, à La Panne. Elle a été habitée depuis les temps néolithiques jusqu'au Xe siècle de notre ère (moyen âge).

Postes de refuge. — Certains points de nos escarpements de la vallée de la Meuse et de ses affluents, certains lieux de nos plateaux disposés en promontoires, ont constitué des retranchements naturels et des postes de refuge, qui ont servi aux habitants de nos contrées, depuis les temps néolithiques jusqu'à l'arrivée de Jules César. C'est le cas pour les camps d'Hastedon et de Bonne.

Les sépultures dans les grottes. — Les Néolithiques, nous l'avons déjà dit, poussaient très loin le culte des morts. Chez nous, ils ont surtout utilisé, comme nécropoles, les cavernes de la vallée de la Meuse et de ses affluents (1).

Ils procédaient de trois manières différentes, dont j'ai pu me rendre compte.

Il y avait quelquefois un enfouissement pur et simple

---

(1) Un grand nombre de ces inhumations ont été faites dans les dépôts quaternaires contenant des débris de la faune du Mammouth ou du Renne et des restes de l'industrie de l'Homme fossile. Des explorateurs inexpérimentés et non géologues ont ainsi été amenés à conclure erronément à la contemporanéité des uns et des autres.

dans une crevasse ou dans une excavation naturelle, avec un mobilier funéraire sommaire, consistant en instruments et armes de silex avec quelques poteries grossières. L'entrée était bouchée à l'aide de quelques blocs de rochers, pour empêcher les animaux d'y pénétrer. J'ai constaté ce mode de sépulture sommaire dans la cheminée ou aiguigeois du Trou-Al'Wesse, à Petit-Modave.

Le plus souvent, c'était une véritable inhumation d'un ou de plusieurs cadavres dans la terre meuble à l'entrée ou à une petite distance à l'intérieur d'une grotte. Les ossements se retrouvent à une profondeur qui varie entre 50 centimètres et 1 mètre. Le mobilier funéraire est ordinairement plus varié et plus riche : il consiste en haches polies, la plupart brisées, pointes de flèches, lames et vases en poterie grossière. On rencontre souvent à l'entrée de la caverne des foyers de repas funéraires, comme l'attestent le charbon de bois et les ossements calcinés de bœuf, de mouton et de porc. J'ai rencontré de telles sépultures à la grotte du Docteur (Huccorgne), à la caverne de Falhise (Anthée), à la quatrième excavation d'Engis (Awirs).

Enfin, plusieurs cavernes ont servi d'ossuaires néolithiques. Là on ne trouve que les parties principales des squelettes. Ordinairement, les crânes sont rangés tous ensemble le long des parois ou en un point déterminé, tandis que les os longs et les autres parties sont placés pêle-mêle dans des fosses en d'autres points du souterrain. C'est le cas des grottes d'Hastière-sur-Meuse, fouillées par M. De Pauw. J'ai constaté aussi ce mode de sépulture à l'Abri-Sandron (Huccorgne) et à la Préalle (Sprimont); cette dernière excavation était beaucoup trop exiguë pour avoir jamais pu contenir le nombre de cadavres correspondant aux os retirés.

Monuments mégalithiques. — Les monuments funéraires à ciel ouvert, œuvre des Néolithiques, sont très rares en Belgique.

Nous ne pouvons guère renseigner que les deux superbes allées couvertes de Weris (Luxembourg), qu'il faudrait appeler : coffres de pierre, d'après M. Montelius. Elles sont trop connues pour nous y arrêter.

Un vrai dolmen aurait existé à Jambes (Namur) et fut détruit vers 1830. La dalle supérieure, qui existe encore, porte le nom de *Pierre du diable.*

Les autres monuments authentiques sont aussi très clairsemés chez nous, et leur inventaire sera bientôt fait. Il y a la *Pierre qui tourne,* du Bois-Rouge, à Velaine-sur-Sambre, qui est un véritable menhir. Il en est de même de la *Pierre de Brunehault,* à Hollain lez-Tournai, du monolithe de Gozée (Hainaut), haut de 5 mètres et que l'on appelle le *Zeupire.* Il y a encore la *Pierre qui tourne* de Baileux (Hainaut) et enfin la *Pierre du diable* de Senenne, à Anhée (Namur).

Beaucoup d'autres blocs de pierres épars ont été considérés comme monolithes, menhirs ou cromlechs, mais leur authenticité comme tels est fort discutable ou formellement niée. Je citerai notamment les blocs situés sur les plateaux de nos Hautes-Fagnes, dans lesquels M. Harroy voit des monuments astronomiques primitifs ou des lieux de rassemblements militaires (1).

---

(1) L'idée d'une orientation des monuments mégalithiques n'est pas nouvelle; elle fut notamment développée en Angleterre. Mais la direction, relevée à la boussole, des principaux mégalithes de France, de l'Algérie et de la Palestine, a montré qu'ils sont orientés dans tous les sens. Cependant, tout récemment, en 1901, sir Norman

Les races humaines néolithiques. — Nous devons admettre, dans l'état actuel de nos connaissances, que dès la fin des temps quaternaires, plusieurs types de races à crânes ronds (brachycéphales) s'étaient superposés aux deux races fossiles à crânes longs (dolichocéphales) pour donner naissance à des populations à caractères mixtes, comme celles de la sépulture de Furfooz.

Les premières hordes néolithiques qui pénétrèrent chez nous appartenaient à un type ethnique à crâne globuleux (brachycéphale) qui vint se juxtaposer, puis se mêler aux autochtones dolichocéphales purs ou déjà métissés.

Cette race de brachycéphales néolithiques s'est retrouvée très pure dans les tourbières à pins du Danemark et dans les Kjœkkenmœddings de la vallée du Tage, puis dans un certain nombre de stations de l'Europe centrale.

Ce type ethnique comprend des hommes de taille moyenne, atteignant $1^{m},65$ maximum, à crâne arrondi, globuleux, à front large et haut, à pommettes saillantes, à mâchoire supérieure légèrement avançante, à dents un

---

Lockyer et F. C. Penrose ont repris l'hypothèse, devant la *Royal Society* de Londres, que le célèbre monument de Stonehenge aurait été un temple solaire dont l'axe de construction et l'avenue principale, formée de deux levées de terre, s'étendaient jadis d'une façon générale dans la direction du soleil levant au solstice d'été. Ils ont calculé l'époque pour laquelle le soleil, au solstice d'été, devait se lever dans la direction de l'axe du monument. Ils ont trouvé mille six cent quatre-vingts ans avant J.-C., avec une incertitude de deux cents ans, date qui serait vraisemblablement exacte, si, comme on le pense aujourd'hui, Stonehenge est une construction de l'âge du bronze ou de la fin du Néolithique.

peu projetées en avant, à ouvertures nasales moyennes, à humérus présentant souvent la cavité de l'olécrâne perforée, à ligne âpre du fémur peu développée, à section du tibia triangulaire.

Ce seraient les descendants de l'ancienne race de Grenelle, en France. Il faut leur rapporter les ossements humains de la sépulture du Trou-Rosette (Namur), fouillée par M. Dupont; de la grotte de Sclaigneaux, explorée par MM. Arnould et Soreil; cinq crânes des grottes d'Hastière, étudiés par le Dr Houzé.

D'autre part, des fils des dolichocéphales laugériens se maintenaient très purs dans certaines stations et formaient la race néolithique de Baume-Chaude (France), dont nous avons un représentant au Trou-du-Diable, sur la Mehaigne.

Puis arrivèrent des poussées successives de dolichocéphales nouveaux [type d'Avigny (Seine-et-Oise)] qui, d'après le professeur Hervé, se juxtaposèrent d'abord, puis s'unirent aux races qui avaient déjà pris possession de notre sol.

Je crois, avec le Dr Hervé et mon collègue, le professeur Houzé, que c'est du métissage de ces divers éléments ethniques autochtones et immigrés pendant la période de la pierre polie que sortirent les populations mixtes retrouvées dans les grottes à inhumation et dans les ossuaires de la vallée de la Meuse et de ses affluents.

Ces formes métissées de la Meuse présentent les plus grandes affinités ostéologiques avec les deux crânes de la sépulture de Furfooz. Je les appelle, avec le Dr Houzé : *types de Furfooz*, en laissant la question chronologique intacte.

Ces types métissés néolithiques ont été rencontrés par

le Dr Houzé dans les cavernes d'Hastière et dans quelques autres sépultures; par moi, dans les ossuaires de l'Abri-Sandron (Huccorgne), de la Préalle (Sprimont), dans le dépôt supérieur de la caverne du Docteur (Huccorgne), dans la quatrième grotte d'Engis et dans des séries de crânes provenant des grottes sépulcrales ou ossuaires des départements de la Meuse, du Pas-de-Calais, de l'Aisne, de l'Oise, de Seine-et-Marne et de la Marne.

Ce type ethnique continuera à former le fond d'une partie de nos populations jusqu'aujourd'hui même.

Chronologie de la période néolithique. — On a tenté de diverses façons d'établir la durée des temps néolithiques. Les géologues ont souvent pris la tourbe pour chronomètre. Ils ont étudié la formation de celle-ci ; ou bien encore ils ont pris, dans une couche déterminée, des points de repère datés, tels que médailles ou monnaies. Malheureusement, la marche de la formation d'une tourbière est liée à bien des causes extérieures; elle est loin d'être uniforme pendant un temps donné.

M. Rutot estime qu'entre la fin du Flandrien, dernier terme du Quaternaire, et la fin du Néolithique, il se serait écoulé en Belgique environ dix mille ans.

C'est là un maximum, si nous nous en rapportons aux données de l'archéologie comparée.

Les merveilleuses découvertes des antiquités de l'Extrême-Orient, de l'Asie Mineure, de la Grèce et de l'Égypte sont venues éclairer, chez nous, d'une vive lumière les questions de chronologie du Néolithique et surtout de la période des métaux. En effet, les données nouvelles de l'archéologie semblent concourir aujourd'hui pour faire considérer l'Orient comme le berceau de toutes

les civilisations qui se sont succédé en Europe, depuis le Néolithique jusqu'aux portes de l'histoire écrite.

Ce ne sont pas seulement les monuments, mais encore l'industrie et surtout la céramique qui ont servi de fil conducteur dans les comparaisons et les rapprochements entre les antiquités de l'Orient et de l'Occident; les premières ont servi à dater les secondes.

La civilisation néolithique a commencé plus tôt en Orient que chez nous et a été beaucoup plus tôt aussi remplacée par celle des métaux. L'usage de la pierre comme matière première de l'outillage a continué chez nous longtemps encore après l'introduction du cuivre et du bronze en Asie Mineure, en Grèce, en Égypte et même dans le sud de l'Europe (1).

---

(1) Les admirables fouilles de Schliemann et de ses successeurs dans la colline d'Hissarlik ont fait ressusciter neuf stations, bourgades et villes superposées, permettant de suivre pas à pas les diverses étapes de l'histoire de l'Humanité, au point de vue de la civilisation, de l'industrie et de l'art, depuis la fin de la période néolithique jusqu'à l'époque romaine.

Les cinq couches les plus profondes datent de l'ère préhistorique et protohistorique.

La première comprend des constructions tout à fait primitives, des murs de petites pierres et de torchis. On y a recueilli des instruments de pierre et de cuivre, mais pas de bronze ni de fer. Les poteries sont grossières, et il n'existe pas de vases d'argile peints. Ces établissements remontent, par approximation, entre 3000 et 2500 ans avant notre ère.

La deuxième couche contient « la ville brûlée », avec des murs de pierre fortifiés et encore des maisons de torchis. On y trouva des objets en pierre et en bronze, pas de fer; des poteries de pâte grossière, dont quelques-unes faites au tour; pas de vases d'argile peints. La date approximative de son existence est 2500 à 2000 ans avant J.-C.

Les troisième, quatrième et cinquième couches correspondent à

J'ai eu, dans le cours de cet été, la bonne fortune de passer quelques jours avec notre éminent collègue Montelius. Je le priai, après qu'il eut vu nos richesses

---

des reconstitutions successives de villages sur les ruines de la « ville brûlée ». Elles contiennent la même industrie que la précédente, mais les objets d'orfèvrerie sont plus beaux, les poteries plus variées et les décors artistiques rudimentaires se multiplient. Le bronze seul s'y retrouve comme métal et les vases d'argile peints n'ont pas encore fait leur apparition. On date approximativement la construction du premier village à 2000 ans et la destruction du troisième à 1500 ans avant notre ère.

La sixième couche contient les ruines de la Troie homérique, formée de maisons en pierre et défendue par une citadelle. Elle contient l'industrie mycénienne typique. Les instruments en pierre ont disparu; le bronze y fleurit à l'exclusion du fer. Les poteries faites au tour sont les plus nombreuses. C'est là que nous voyons apparaître les premiers vases peints du style mycénien, semblables à ceux d'Argos, de Tirynthe et de Mycène. Ils ont servi de point de repère très sûr permettant de faire remonter la Troie homérique de 1500 à 1300 ans avant J.-C.

Les récits homériques seraient du IXe siècle environ avant notre ère.

La septième ville contient pour la première fois du fer associé au bronze et aux vases d'argile peints. Elle correspond par son industrie et par la facture de ses objets d'art aux temps archaïques grecs.

La huitième ville possède des instruments de fer, des objets d'art en bronze et des vases d'argile peints qui la font ranger dans l'époque classique grecque.

La neuvième et dernière ville est la *Novum Ilium* de l'époque romaine, avec ses beaux bâtiments de marbre et son sanctuaire voué à Athena. Elle fut détruite au VIe siècle avant J.-C.

Il y a 5000 ans, l'Égypte était encore dans la période néolithique, disait, en 1889, Flinders Petrie, un des égyptologues les plus distingués de l'Angleterre. On a, en effet, retrouvé dans des tombes, que

archéologiques, de me donner son appréciation sur l'âge de nos principales trouvailles néolithiques.

A quelques siècles près, il faudrait faire remonter, chez nous, l'aurore de la période néolithique approximativement vers 4000 avant notre ère, comme en Scandinavie, mais elle aurait perduré ici jusque vers l'introduction du

---

l'on ne peut guère faire remonter à une époque plus ancienne, des palettes d'ardoise pour broyer les couleurs, des lances, des pointes de flèches et de lances, barbelées en silex, des cuillers d'ivoire, des harpons, des bols d'argile noire ornés de dessins concentriques caractéristiques de la fin du Néolithique et du commencement de l'introduction du cuivre en Égypte, dans l'Asie Mineure, en Bosnie, etc. Le même savant nous dit que la taille du silex a décliné de plus en plus en Égypte de 4500 à 1500 ans avant J.-C., à mesure que le bronze remplaçait celui-ci et que le fer remplaçait le bronze.

Les archéologues du Nord ont poussé très loin ces études de comparaison et d'origine, grâce aux superbes matériaux qu'ils ont rencontrés chez eux et grâce aussi à leur grande érudition. Ils ont tenté diverses classifications chronologiques de leurs antiquités; la plus récente est celle de M. Montelius, le très savant conservateur du Musée des antiquités du Nord, à Stockholm. Il fait remonter l'aurore de la période néolithique, pour la Scandinavie, à 4000 ans à peu près, avant J.-C.

Le premier âge de la pierre polie se serait étendu de cette date approximative jusqu'à vers 3000 ans avant notre ère.

Le deuxième âge, caractérisé par les dolmens proprement dits et leurs mobiliers, est placé entre 3000 et 2500 ans avant J.-C.

Le troisième âge est caractérisé par les allées couvertes et leurs mobiliers. (Date approximative : 2500 à 2100 avant notre ère)

Le quatrième âge est caractérisé par les coffres de pierre, mesurant jusqu'à dix mètres de long, et édifiés, d'après leur architecture et leur contenu, entre 2100 et 1700 ans avant J.-C.

La période néolithique aurait donc duré, en Scandinavie, plus de 2000 ans.

fer qui s'est produite aux environs du VIe siècle avant J.-C. En lui fixant le VIIIe siècle comme limite, nous arrivons à donner à cette période une durée d'environ trois mille trois cents ans (1).

Nos fameux fonds de cabanes de la Hesbaye seraient, d'après M. Montelius, contemporains de la fin du troisième âge scandinave, caractérisé par les allées couvertes, ce qui les daterait approximativement de 2500 à 2000 ans avant notre ère et les ferait contemporains de la deuxième bourgade d'Hissarlik, « la ville brûlée ».

Nos monuments de Weris seraient les équivalents des coffres de pierre du quatrième âge scandinave, qui remonte entre 2100 à 1700 ans avant J.-C., c'est-à-dire à l'aurore de la civilisation mycénienne en Orient (2).

---

(1) M. Montelius pense que l'introduction du bronze en Belgique a commencé bien avant le VIIIe siècle.

(2) Je sais qu'on peut prétendre que des formes semblables ou identiques dans les instruments, dans la céramique et dans les monuments n'impliquent pas nécessairement des rapports directs ou éloignés entre leurs possesseurs. Je sais que les primitifs sculpteurs, graveurs, peintres et potiers appartenant à des populations variées ont pu, à des époques très différentes et aujourd'hui encore, réaliser les mêmes dessins linéaires ou curvilignes, les mêmes gravures, les mêmes sculptures, les mêmes céramiques, quand ces productions sont suffisamment simples. C'est ce qu'on a appelé la loi des coïncidences et des rencontres.

Mais si nous observons une industrie ou certaines pièces typiques de céramique ou une forme caractéristique de monument, avec un mobilier déterminé, à la fois dans l'Inde, en Asie Mineure, sur les côtes du nord de l'Afrique, dans le sud de l'Europe, puis dans le Nord, nous pouvons et nous devons rechercher les ressemblances de ces productions de l'activité humaine dans des contacts ou des influences de relations même éloignées. Les causes de ces rapports,

Période des métaux.

Aux temps de la pierre avait succédé une période des métaux, en Orient, dans le nord de l'Afrique et dans beaucoup de contrées de l'Europe.

La plupart des archéologues admettent aujourd'hui que le berceau de la métallurgie est l'Orient. Ensuite, l'usage des métaux s'est propagé en Asie Mineure, et de là en Europe et dans le nord de l'Afrique.

Cette période commença par une phase de transition pendant laquelle la pierre continuait à être en usage en même temps que le cuivre. Puis le bronze fut introduit par voie commerciale, d'abord sous forme d'objets confectionnés, ensuite à l'état de matière première non façonnée. Puis l'usage du bronze, remplaçant complètement celui

---

nous les trouverons dans les infiltrations lentes ou les invasions et surtout dans les transactions commerciales.

Puis se posera le problème complexe des origines de ces industries, de ces mobiliers et de ces monuments.

C'est en procédant de la sorte que M. Montelius et d'autres, reconnaissant que les dolmens ne sont pas l'œuvre d'un seul peuple, nous les montrent apparaissant d'abord dans l'Orient asiatique, se répandant de là dans le nord de l'Afrique, passant ensuite dans le sud de l'Europe, pour finir par aboutir dans le Nord.

C'est par les mêmes procédés scientifiques qu'il est amené à considérer que l'industrie et l'art de la céramique néolithique, et de l'âge du bronze scandinave procèdent de l'industrie et de l'art orientaux.

Il semble aujourd'hui démontré que les peuplades des rives les plus éloignées de la Méditerranée venaient, depuis la période néolithique, demander leur ambre aux riverains de la Baltique. Ils apportaient en échange les produits de leurs industries, de leur art, et ils enseignaient leurs procédés.

de la pierre et durant un certain temps, détermina dans diverses parties de l'Europe une industrie propre et un art local, comme dans l'Attique, l'Italie, la Hongrie et la Scandinavie.

L'archéologie de la période des métaux en Belgique ne m'étant pas familière comme le Paléolithique et le Néolithique dont je m'occupe depuis vingt ans, j'ai consulté sur cette matière nos spécialistes ou leurs œuvres pour établir l'état de nos connaissances sur ce sujet. J'ai eu surtout recours aux travaux de MM. Bequet, Schuermans, Dr Cloquet, Van Bastelaer, Bamps, Habets, Bormans, Comhaire, Ubaghs et de l'aimable et savant conservateur aux Musées royaux du Cinquantenaire, le baron Alfred de Loë. Il a bien voulu me servir de guide au milieu des richesses que cette institution possède, et je dois à son érudition de précieux renseignements sur nos antiquités du bronze et du fer.

Il n'y a pas eu, à proprement parler, d'âge du bronze en Belgique, de l'avis de la plupart de nos archéologues. M. Alexandre Bertrand a soutenu la même thèse pour la France.

L'usage de la pierre, nous l'avons déjà dit, a perduré chez nous longtemps encore après l'introduction du cuivre et du bronze au sud de l'Europe, où elle date approximativement de 2500 à 2000 ans avant J.-C.

Age du bronze. — D'après MM. Alf. Bequet et Alf. de Loë, nos contrées étaient parcourues par des fondeurs nomades, ne se mêlant pas à nos populations et les approvisionnant d'armes et d'objets qu'ils fondaient sur place.

Cette introduction du bronze ne correspond pas à un

mouvement d'immigration sur notre sol de nouveaux éléments ethniques.

Nos populations néolithiques sont restées intactes pendant l'âge du bronze et n'ont pas subi d'infiltrations appréciables. Leurs mœurs et leurs industries se sont maintenues jusque vers la fin de cet âge. Toutefois, certaines de nos populations ont peut-être commencé à prendre aux fabricants de bronze la coutume de l'incinération.

C'est aux environs du VIIIe siècle avant notre ère que vraisemblablement a commencé chez nous l'introduction du bronze.

Les objets de métal recueillis en Belgique ne représentent pas les formes primitives en cuivre et en bronze; les haches plates font défaut; quant aux haches à rebord, elles sont très rares, et les plus nombreuses sont celles à douille, qui sont aussi les plus récentes.

Beaucoup de pièces isolées, consistant en haches, ciseaux, gouges, couteaux, glaives, faucilles, pointes de lances, rasoirs, bracelets et anneaux, peuvent être rapportées à l'âge du bronze. M. Comhaire, en 1898, renseignait cent vingt-huit de ces trouvailles.

MM. Cloquet, de Loë et Comhaire ont dressé successivement des catalogues des découvertes de bronze faites en Belgique. En dehors des trouvailles isolées, elles se rapportent pour la plupart à des nécropoles datant de l'âge du fer.

On peut considérer comme datant de l'âge de bronze, d'après M. de Loë, quatre cachettes de fondeurs, dont la plus importante est celle de Jemeppe-sur-Sambre (Namur), décrite par M. St. Bormans. On y a recueilli quatre hachettes, deux bracelets, sept perles, cinq anneaux, un tube et quatre fragments de spirale, le tout en bronze.

Citons encore la cachette d'Hoogstraeten (Anvers), qui renfermait neuf hachettes de bronze; celle de Nieuwrode (Brabant), avec cinq haches, et celle du « Champ à Cailloux » de Spiennes.

La station palustre de Denterghem (Flandre occidentale), dont j'ai déjà parlé antérieurement, a servi d'habitation pendant cet âge. Elle a donné à M. l'abbé Claerhout : un bracelet, une pendeloque en forme de croissant, un fil de bronze en spirale, une épingle et un petit anneau.

A cela se réduit à peu près tout ce que nous possédons sur notre protohistoire du VIIIe et du VIIe siècle avant notre ère (1).

Age du fer. — A partir du VIe ou du Ve siècle avant J.-C., nous sommes en Belgique à l'âge du fer, qui, avec le bronze, remplace la pierre (2).

---

(1) M. Montelius fait remonter les premières importations du cuivre et du bronze dans l'ouest et le nord de l'Europe à plus de 2000 ans avant notre ère.

Il pense qu'il y a eu un véritable âge du bronze en France, en Belgique, comme en Suisse et dans l'Allemagne du Sud.

Il divise l'âge du bronze dans l'ouest de l'Europe en cinq périodes, dont la dernière se terminerait, à peu près 850 ans, avant J.-C.

(2) Les découvertes de Corneto et de Bologne montreraient que l'introduction du fer en Italie n'est pas antérieure au VIIIe siècle avant J.-C. D'après M. de Loë, il a fallu environ deux siècles pour qu'il pénétrât jusqu'à nos régions. Cependant, M. Montelius fait remonter l'apparition du fer à Corneto, dans l'Etrurie et le Latium, vers 1100 ans, avant J.-C.; à Bologne, vers 1000 ans, avant J.-C.; dans l'ouest de l'Europe et par conséquent chez nous, vers 850 ans, avant J.-C.; enfin dans le nord, plus de 500 ans avant notre ère.

Le fer a d'abord été introduit chez nous comme le bronze et avec lui, par le commerce et par les populations guerrières qui avaient pris possession de notre pays. Puis il a été l'objet d'une véritable métallurgie, la matière première existant sur place.

Si nos peuplades néolithiques sont restées intactes de toute nouvelle infiltration pendant l'âge du bronze, il n'en a pas été de même pendant l'âge du fer.

Alexandre Bertrand et d'autres archéologues nous montrent des populations nouvelles envahissant la Thrace, l'Illyrie, ce qui devait devenir la Germanie méridionale, et jusqu'à la Scandinavie à partir du XIVe et du XIIIe siècle avant notre ère, mais sans atteindre, alors, nos régions. Elles appartiennent à un nouveau type ethnique, que nous rencontrons pour la première fois en Europe dans les tumulus à inhumation de la célèbre nécropole de Hallstatt, près de Salzbourg, en Autriche, datant du premier âge du fer.

Déjà à cette époque, une population relativement dense exploitait des mines de sel et recevait, en échange de cette matière de première utilité, les beaux produits de la civilisation d'alors : armes, vases, ornements, bijoux de toute sorte, en or, en bronze et en fer, que l'on a retrouvés dans d'innombrables tombes, les unes à inhumation, les autres à incinération. Cette riche station a donné son nom au premier âge du fer, qu'on appelle encore époque hallstattienne.

Le nouveau type ethnique que l'on rencontre à Salzbourg a reçu du Dr Houzé le nom de race de Hallstatt. Il est représenté par des hommes de haute taille, à tête allongée (dolichocéphale), à chignon occipital, à front

légèrement fuyant, à nez étroit, à mâchoire un peu avançante. Ce sont les grands blonds, aux yeux clairs, des historiens grecs et romains. Ils appartiennent à des peuplades essentiellement guerrières et remuantes. Ce sont leurs descendants qui envahirent nos régions, à diverses reprises, à partir du VIe ou du Ve siècle avant J.-C., sous les noms historiques de Galates, de Gaulois, de Celtes, de Germains, etc.

Ils ont apporté aux anciens Néolithiques des mœurs et des coutumes nouvelles, telles que l'incinération, qui devint presque générale, au grand désespoir des anthropologistes modernes.

Ils se sont superposés aux paisibles populations de la pierre polie et du bronze; ils les ont absorbées et leur ont imposé jusqu'à leur nom.

Pendant plusieurs siècles, ils ont constitué chez nous l'aristocratie militaire, tandis que les autochtones formaient le peuple, servaient de pasteurs, d'agriculteurs, de métallurgistes et de soldats, suivant les circonstances.

Le professeur Hamy nous a jadis montré, côte à côte, ces deux types ethniques réunis dans une même tombe, celle d'un chef « gaulois » reconstituée au Musée de Saint-Germain. « Le chef dort son dernier sommeil entre les roues de son char de guerre; un serviteur a été inhumé au-dessus, pour conduire, écuyer fidèle, l'attelage du maître dans de nouvelles courses. Le guerrier est dolichocéphale, le serviteur est brachycéphale. » Le premier est un fils des Hallstattiens, le second un descendant des Néolithiques.

Les mœurs, les coutumes, les armes et les objets de parure de ces populations guerrières nous ont été décrits par les historiens anciens.

A ce type de Hallstatt, encore appelé germanique, appartiendront toutes ces populations guerrières, qui par poussées successives traverseront le Rhin, aux diverses époques historiques et viendront se fixer chez nous, ou ne feront qu'y séjourner, ou passer. Tels sont, à la veille de la conquête des Gaules, les Belges de César, puis les Barbares de l'Histoire, à l'exception des Huns, jusques et y compris les Francs.

La civilisation hallstattienne est assez bien représentée chez nous par de nombreux objets en or, en bronze, en fer, rencontrés surtout dans des nécropoles à incinération. Ce sont de petites épées de bronze et de grands glaives de fer, des lances, des torques, des bracelets, des colliers, des rasoirs, de merveilleux bijoux, des vases, des statuettes.

Nous allons passer en revue les principales trouvailles :

Il faut d'abord citer hors pair la célèbre sépulture de la caverne de Sinsin (Namur), fort bien décrite par M. Bequet et qui date du commencement du premier âge du fer, d'après M. de Loë.

On y recueillit, à diverses places et à différents niveaux, notamment : des ossements humains incinérés, un rasoir, deux couteaux, une grande épingle, un grand disque, une paire de boucles d'oreille en or, cinq bracelets, un collier d'amulettes, un pommeau en bronze montrant des traces d'une goupille en fer.

La caverne d'On (Luxembourg) a donné à M. G. Dewalque deux épingles en bronze, des fragments de poteries grossières, à dessins caractéristiques en forme de croix, du blé carbonisé, un morceau de tissu à mailles de fer; ce qui me fait reporter cette station à l'âge du fer.

Il y a ensuite les tombelles à incinération de la Campine, étudiées surtout par MM. Bamps, Habets et Ch. Dens. Ce sont des tertres de peu d'élévation, mais d'un très grand diamètre, contenant chacun une urne cinéraire en poterie grossière. Dans ces urnes, on rencontre des ossements humains calcinés et souvent broyés, des cendres de charbon de bois, de rares objets en bronze ou en fer et des traces de métal fondu. Il y en a des quantités entre le Rhin, la Meuse et l'Escaut et vers la Hollande. C'est par centaines qu'on pouvait les compter sur les bords du Démer. M. Comhaire a catalogué cent vingt et une de ces nécropoles dans la seule Campine.

Les archéologues hollandais, MM. Habets et Ubaghs, nous ont fait connaître les vastes cimetières à incinération de Budel, Nederweerts-Leveroy et Weert (Limbourg hollandais) dont ils ont retiré un millier d'urnes et une centaine d'objets en bronze consistant en épées, pointes de lances, rasoirs, aiguilles et bijoux. Citons encore les nécropoles de Neerpelt (Limbourg), décrite par M. Schuermans, celles de Wuestwesel (Anvers) et de Biez (Brabant), que nous a fait connaître M. de Loë.

Nombreuses sont aussi les tombelles à incinération du sud de la Belgique. M. Comhaire en renseigne trente-huit dans les vallées de la Senne, de la Dyle, de la Grande-Geete, de la Houille, du Bocq, de l'Eau-d'Heure, de la Dendre et de la Haine. Les plus importantes sont celles des environs de Wavre et de Court-Saint-Étienne (Brabant), étudiées surtout par M. le Dr Cloquet. Elles contenaient des urnes grossières, des épées de bronze et de fer, brisées et tordues intentionnellement pour obéir à un rite funéraire.

Il y a aussi le cimetière de Thuillies (Charleroi),

décrit par M. Van Bastelaer, les tombelles de Bernissart, de Louette-Saint-Pierre et de Gedinne (Namur).

M. E. Delvaux, le regretté géologue dont nous déplorons la perte récente, nous a fait connaître les petits tumulus de la région de Flobecq (Hainaut).

Il y a identité entre les nécropoles du nord et du sud de la Belgique; elles appartiennent aux mêmes populations. Leurs objets mobiliers les plus caractéristiques sont les petites épées de bronze et les grands glaives de fer, toujours brisés; mais beaucoup ne contiennent ni bronze ni fer, sauf des traces de métal fondu.

Les tombelles à inhumation de la province de Namur seraient plus récentes et dateraient de la fin de l'époque hallstattienne.

Ce sont de petits tertres formés par un tas de cailloux que l'on appelle *marchets*. Au centre de chacun se trouvent les ossements d'un individu accompagnés souvent de poteries. On en connaît un grand nombre dans le pays de Mariembourg, de Fosses, entre Beauraing et Rochefort; d'autres à Saint-Gérard, entre Namur et Philippeville, à Pondrome, etc. Malheureusement, les squelettes humains sont toujours en fort mauvais état, et il est très difficile d'en tirer parti au point de vue de l'étude anthropologique. Quelques-uns, recueillis dans un marchet à Hotton par M. de Loë, ont été étudiés par le Dr Houzé.

Il faudrait aussi rapporter à cet âge, parce qu'ils ne contiennent pas d'objets romains, les bas fourneaux de Vodecée (Namur) décrits par M. Quoilin et ceux de Lustin (Namur) découverts par M. Soreil et renseignés par M. Berchem.

Chez nous, la civilisation hallstattienne s'est prolongée

pour ainsi dire jusqu'à la conquête romaine (59-50 ans avant Jésus-Christ). Cependant, nous possédons quelques trouvailles indiquant une certaine infiltration de la civilisation marnienne ou de La Tène, correspondant au deuxième âge du fer, que les archéologues belges ont encore appelé époque germano-belge.

En France, surtout dans le département de la Marne, on rencontre un grand nombre de tombes dites « gauloises », dans lesquelles on n'a jamais trouvé de médailles, ni de monnaies et qui contiennent un mobilier très caractéristique, dont les pièces les plus typiques sont des torques à tampon, des fibules et des vases à carène. Cette industrie, cette civilisation a été retrouvée en Dalmatie, en Bosnie, dans le bassin du Danube et jusqu'en Scandinavie.

On rapporte à cette époque la célèbre sépulture à incinération d'Eygenbilsen (Limbourg), si bien étudiée par M. Schuermans. Elle contenait un des plus riches mobiliers archéologiques que l'on ait jamais recueillis en Belgique : un bandeau en or, une buire en bronze de facture étrusque, un vase en bronze à deux anses en forme de seau, également étrusque, qui contenait des cendres et des ossements humains, un fragment de bronze orné de dessins géométriques, un morceau d'anneau en bronze revêtu d'une fine lame d'or, enfin quelques morceaux de fer. Cette sépulture daterait des environs du IVe siècle avant notre ère.

On a trouvé, à Frasnes lez-Buissenal, des bracelets en or décorés de l'ornement en S caractéristique de l'époque.

M. de Loë a fouillé des tombelles à inhumation à Sibret (Luxembourg), dans lesquelles il a rencontré un

torque de bronze et des bracelets du même métal, du type marnien.

Enfin, nos célèbres camps d'Hastedon et de Bonne seraient, d'après M. de Loë, des oppidums des anciens Belges, élevés sur des stations néolithiques (1).

Nous touchons à l'histoire écrite de la Belgique.

Récapitulation et conclusions.

Dans ce rapide coup d'œil jeté sur la préhistoire de notre pays, nous avons vu d'abord la prise de possession du sol belge, dès l'aurore du Quaternaire, par des peuplades relativement denses, dont la manière de vivre aurait pu être analogue à celle des Fuégiens actuels.

Puis, des populations, vivant encore à l'état sauvage, se sont cantonnées surtout dans la vallée de la Meuse et de ses affluents. Venaient-elles toutes du Hainaut qu'elles avaient en partie abandonné à cause du froid; ou arrivaient-elles d'autres régions, n'ayant avec les habitants du Hainaut que de rares rapports de contact; ou bien encore le Hainaut était-il désert à leur arrivée? Nous ne pouvons encore répondre d'une façon catégorique. La première opinion est la plus plausible, tout au

---

(1) M. Montelius divise l'âge du fer dans l'ouest de l'Europe en deux époques : celle de Hallstatt, comprenant deux périodes et celle de La Tène, comprenant trois périodes.

La transition de l'âge du bronze à celui du fer aurait commencé chez nous vers 850 ans avant J.-C.

L'âge du fer se serait terminé au commencement de notre ère.

moins pour les premiers habitants de la vallée de la Mehaigne. Quoi qu'il en soit, ils constituent, pendant la période du Mammouth et du Renne, les habitants des cavernes. Pendant ces deux dernières périodes, trois races humaines, au moins, sont venues s'implanter successivement dans la vallée de la Meuse et de ses affluents.

Nous pourrions, dans une certaine mesure, comparer les mœurs des Troglodytes à celles des Esquimaux.

Puis s'est ouverte la période néolithique. Avec elle, nous avons vu notre pays envahi par des peuplades à types ethniques nouveaux, ayant cependant des affinités étroites avec les derniers chasseurs de rennes.

Ils apportèrent aux Paléolithiques toute une civilisation déjà hautement organisée. Ce ne sont plus des sauvages, mais des populations ayant des mœurs analogues aux peuplades de nomades et de pasteurs que l'on rencontre aujourd'hui dans certaines parties de l'Algérie et de la Tunisie. Du métissage des races autochtones fossiles et des races nouvelles de la pierre polie est sorti le type mixte néolithique sous-brachycéphale, que nous avons vu si bien représenté, du commencement à la fin de cette période, prolongée chez nous jusqu'à la veille de l'âge du fer.

Nos peuplades néolithiques s'assimilèrent peu à peu l'industrie du bronze, puis subirent la civilisation du fer.

Pendant l'âge du fer, nos populations autochtones eurent à supporter, coup sur coup, les invasions des fils des hommes de Hallstatt, des peuplades de grands dolichocéphales du type germanique, qui s'implantèrent au milieu d'elles et les absorbèrent. Dès lors était consti-

tué le fond de la population de la Belgique telle qu'elle existe encore aujourd'hui. Car le type mixte néolithique sous-brachycéphale ou type de Furfooz et le type de Hallstatt ou germanique forment encore aujourd'hui, avec une persistance déconcertante, le fond de notre population wallonne et flamande.

Je ne me dissimule pas que dans ce rapide aperçu de l'état actuel de nos connaissances sur la préhistoire de la Belgique, bien des points restent encore obscurs. Il m'a paru cependant intéressant de grouper, devant vous, en un faisceau, les principaux documents que nous possédons sur celle-ci.

S'ils ne sont pas suffisants encore pour éclairer complètement notre passé, ils sont cependant déjà assez nombreux et assez importants pour nous réconforter et nous encourager à poursuivre nos investigations.

Car nous pouvons espérer qu'un jour viendra où nous lirons couramment dans ce livre de notre préhistoire, dont chaque page aura été retrouvée et mise à sa place.

Cet espoir, nous avons le droit de l'exprimer, sans être trop téméraire, quand nous voyons que ces feuillets épars, que nous sommes parvenu à rassembler chez nous, représentent un patrimoine de travail vieux à peine d'un demi-siècle.

M. le Secrétaire perpétuel proclame dans les termes suivants le résultat des concours et des élections :

CONCOURS ANNUEL DE LA CLASSE (1901).

SCIENCES NATURELLES.

Un mémoire a été reçu en réponse à la première question :

On demande de nouvelles recherches sur le rôle physiologique des substances albuminoïdes dans la nutrition des animaux ou des végétaux.

Ce mémoire porte pour titre : *Recherches sur la synthèse des substances albuminoïdes par les végétaux*, et pour devise : *Solem quis dicere falsum audeat* (VIRGILE).

La Classe, adoptant les conclusions des rapports de ses commissaires, n'a pas décerné le prix proposé.

Un mémoire a été reçu en réponse à la deuxième question :

On demande de nouvelles recherches sur l'organisation et le développement d'un PHORONIS, *en vue d'élucider les rapports existant entre les animaux de ce genre : les genres* RHABDOPLEURA *et* CEPHALODISCUS, *et le groupe des* ENTÉROPNEUSTES.

Ce mémoire porte pour titre : *De la structure des Phoronidés et de leurs relations avec les Entéropneustes*, et pour devise : *Natura semper eadem est.*

La Classe, adoptant les conclusions des rapports de ses commissaires, a accordé une *mention très honorable* à l'auteur du travail.

Un mémoire a été reçu en réponse à la quatrième question :

On demande de nouvelles recherches relatives à l'influence des facteurs externes sur la caryocinèse et la division cellulaire chez les végétaux.

Ce mémoire porte pour devise : *Any change in temperature leads to a change in the rate of growth* (B. Davenport).

La Classe a décerné une *médaille d'argent* à l'auteur de ce mémoire, Mlle Maria Maltaux, pharmacien à Laeken, laquelle a fait savoir qu'elle acceptait cette récompense.

Elle a décidé que ces trois questions seront remises au concours.

Prix Charles Lemaire

EN FAVEUR DE QUESTIONS RELATIVES AUX TRAVAUX PUBLICS.

(Cinquième période : 1899-1901.)

Mlle Adelaïde Lemaire, en vue d'honorer la mémoire de son frère Charles, ingénieur des Ponts et Chaussées, a donné, par testament, à l'Académie des sciences de Belgique la somme de *vingt-cinq mille francs* pour que les revenus en soient affectés à la formation d'un prix à décerner tous les deux ans, sous le nom de prix Charles Lemaire, à l'auteur du meilleur mémoire publié sur des questions relatives aux travaux publics.

La Classe des sciences, sur le rapport de MM. Brialmont, Van der Mensbrugghe et De Heen qui ont jugé ce concours avec MM. les inspecteurs généraux Debeil et

Lagasse-de Locht et de M. l'ingénieur Lambin, de l'Administration des Ponts et Chaussées, a décerné pour la cinquième période du concours, le prix de *quatorze cents francs*, à M. Paul Christophe, ingénieur des Ponts et Chaussées, pour son livre *Le béton armé et ses applications*.

M. Paul Christophe est déjà lauréat de la première période du même concours.

—

ÉLECTIONS.

Depuis ses dernières élections, la Classe avait à remplacer comme *membre titulaire*, le baron Michel-Edmond de Selys Longchamps, décédé à Liége le 11 décembre 1900; et comme *associés*, Ch. Hermite, décédé à Paris, le 14 janvier 1901; le baron de Lacaze-Duthiers, décédé le 21 juillet 1901, à Las-Fonds (Dordogne), et le baron Nordenskiöld, décédé le 12 août 1901 à Dalbyö (Suède).

Elle a élu :

Associé de la Section des sciences mathématiques et physiques, M. G. Mittag-Leffler, directeur du journal *Acta mathematica*, à Stockholm.

Membre titulaire (sauf approbation royale) *de la Section des sciences naturelles*, M. Julien Fraipont, correspondant.

Associés de la même Section, MM. Ch.-Alfr. von Zittel, professeur à l'Université de Munich, et Alfr. Giard, membre de l'Institut, à Paris.

OUVRAGES PRÉSENTÉS.

De Heen (*P.*). Les dernières mésaventures du point critique. Liége, 1901; in-18 (18 p.).

Vander Mensbrugghe (*G.*). Sur une triple alliance naturelle. Discours du recteur à l'ouverture solennelle des cours de l'Université de Gand, le 22 octobre 1901. Gand, 1901; in-8° (17 p.).

Van den Bossche (*J.*). Icones selectae horti Thenensis. Iconographie de plantes ayant fleuri dans les collections de M. van den Bossche; avec les descriptions et annotations de M. Ém. De Wildeman, t. II. Bruxelles, 1901; in-8°.

Lagrange (*Eugène*). La station géophysique d'Uccle. Bruxelles, 1901; in-18 (22 p. et 1 pl.).

Tobiansky d'Altoff. Une importante découverte hygiénique. La destruction absolue de la fumée par sa transformation en gaz riche. Bruxelles, 1901; in-8° (20 p.).

Monier (*Marcel*). Historique de la corrélation physiologique. Anvers, 1901; extr. in-8° (11 p.).

Zunz (*E.*). De la précipitation fractionnée des substances albuminoïdes au moyen des sels. Bruxelles, 1901; extr. in-8° (16 p.).

Doudou (*Ernest*). Preuves indéniables que la grotte de Spy a été fouillée sans méthode et que les ossements humains qu'on y a découverts n'ont pas d'âge sûr. Seraing, 1901; extr. in-8° (7 p.).

Ministre de l'Industrie et du Travail. Carte géologique de Belgique, feuilles : Léau-Rummen, Gozée-Nalinnes, Maffe-Grand-Han, Grandrieux-Beaumont, Silenrieux-Walcourt,

Philippeville-Rosée, Achêne-Leignon, Sautour-Surice, Houyet-Han-sur-Lesse, Chimay-Couvin, Amberloup-Flamierge, Sainte-Marie-Sibret.

Ministère des Finances et des Travaux publics. Port d'Ostende. Diagrammes des variations de niveau de la mer pendant l'année 1900. In-folio.

Ministère de l'Agriculture. Monographie agricole de la région jurassique. Bruxelles, 1901; gr. in-8°.

—

ALLEMAGNE ET AUTRICHE-HONGRIE.

Starke (*Joh.*). Ueber den Einfluss des Milieus, insbesondere der anorganischen Substanzen, auf Eigenschaften von Eiweisskörpern. Munich, 1901; in-8° (40 p.).

Studnicka (*F.-J.*). Bericht über die astrologischen Studien des Reformators der Beobachtenden Astronomie Tycho Brahe. Prague, 1901; in-8° (55 p.).

Matiegka (*Heinrich*). Bericht über die Untersuchung der Gebeine Tycho Brahe's. Prague, 1901; in-8° (14 p.).

Umow (*N.*). Ein Versuch die magnetischen Typen des Erdmagnetismus zu ermitteln. Moscou, 1901; in-8° (71 p. et 10 pl.).

Hellmann (*G.*). Regenkarte der Provinzen Brandenburg und Pommern sowie der Grossherzogthümer Mecklenburg-Schwerin und Mecklenburg-Strelitz. Berlin, 1901; in-8°. (39 p. et 1 carte).

IÉNA. *Medicinisch-naturwissenschaftliche Gesellschaft*. Denkschriften, Bände VI und VII : (Richard Semon Forschungsreisen in Australien III, 4 und IV, 3. In-4°.

FRANCFORT-SUR-MAIN. *Senckenbergische naturforschende Gesellschaft*. Bericht. 1901.

INNSBRUCK. *Landes-Museum : Ferdinandeum.* Zeitschrift, 45. H. 1901.

RATISBONNE. *Naturwissenschaftlicher Verein.* Berichte, VIII. Heft. 1900.

VIENNE. *Landesstationen in Bosnien-Hercegovina.* Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen, 1898. In-4°.

—

AMÉRIQUE.

RIO DE JANEIRO. *Observatorio.* Annuario, 1901.

SAINT-LOUIS. *Missouri Botanical Garden.* 12e annual Report, 1900.

SAINT-PAUL. *Geological and natural history Survey.* The geology of Minnesota, vol. VI. 1901; in-4°.

WASHINGTON. *Astrophysical Observatory.* Annals, volume I. 1901; in-4°.

—

FRANCE.

Renault (*B.*). Sur quelques fougères hétéro-sporées. Paris, 1901; extr. in-4° (4 p.).

— Du rôle de quelques bactériacées fossiles au point de vue géologique. Paris, 1901; extr. in-8° (18 p. et 3 pl.).

Paul-Boncour (*Georges*). Le fémur. Étude des modifications squelettiques consécutives à l'hémiplégie infantile. Paris, 1900; extr. in-8° (60 p.).

Salignac Fénelon (*le vicomte de*). Origines et distribution géographique de la faune d'Europe. Toulouse, 1901; in-8° (52 p.).

DIJON. *Académie des sciences, arts et belles-lettres.* Mémoires, tome VII, 1899-1900.

ANGERS. *Société d'agriculture, sciences et arts.* Mémoires, 5e série, tome III, 1901.

CAEN. *Société linnéenne.* Bulletin, 1900.

—

GRANDE-BRETAGNE, IRLANDE ET COLONIES BRITANNIQUES.

Rogers (*Henry-Raymond*). The energy of celestial motion. Dunkirk, 1901; in-8° (11 p.).

Bean (*George-H.*). Chart for reckoning time. Londres, 1901; in-8° (4 p.).

SYDNEY. *Royal Society of New South Wales.* Journal, volume XXXIV, 1900.

LONDRES. *Institution of civil engineers.* Minutes of proceedings, vol. 146, 1901.

PORT-LOUIS. *Royal Alfred Observatory.* Annual report for 1900.

OTTAWA. *Meteorological Service of Canada.* Report for 1898. In-4°.

GLASGOW. *Philosophical Society.* Proceedings, vol. XXXII, 1901.

—

ITALIE.

Omboni (*G.*). Denti di Lophiodon degli strati eocenici del monte Bolca. Venise, 1901; extr. in-8° (8 p. et 2 pl.).

TURIN. *Reale Accademia delle scienze.* Memorie, tomo L, 1901. In-4°.

MILAN. *R. Osservatorio di Brera.* Pubblicazioni, n. XLI, 1901; in-4°.

—

SUISSE.

Gautier (*R.*). Observations météorologiques faites aux fortifications de Saint-Maurice, 1899. Genève, 1901; extr. in-8° (38 p.).

— Résumé météorologique de l'année 1899 pour Genève et le Grand-Saint-Bernard. Genève, 1900; in-8°.

Goppelschroeder (*Prof. Dr. Friedrich*). Capillaranalyse beruhend auf Capillaritäts- und Absorptionsverscheinungen mit dem Schlusskapitel : Das Emporsteigen der Farbstoffe in den Pflanzen. Bâle, 1901; in-8° (545 p., 1 pl.).

BERNE. *Naturforschende Gesellschaft*. Mittheilungen, 1898 und 1899.

— *Société helvétique des sciences naturelles*. Nouveaux Mémoires, volumes XXXIII, XXXVI, 1re et 2e livr., et volume XXXVII. 1898-1900; 4 cah. in-4°.

GENÈVE. *Institut national genévois*. Mémoires, tome XVIII, 1893-1900. In-4°.

BALE. *Naturforschende Gesellschaft*. Verhandlungen, Band XIV. 1901.

Astronomische Mitteilungen (A. Wolfer), Nr XCII. Zurich, 1901.

—

PAYS DIVERS.

Hépites (*Stefan-C.*). Contributiuni la fisica globului, IV, V, VI determinari magnetica in Romania, 1898-1900. Bucarest, 1899-1901; 3 br. in-4°.

— Levé magnétique de la Roumanie. Paris, 1900: extr. in-8° (3 p.).

— Sur le régime des pluies en Roumanie. Paris, 1900; extr. in-8° (6 p.).

Hépites (*Stefan-C.*). Climatologie du littoral roumain de la mer Noire. Liége, 1901 ; extr. in-8° (28 p.).

— Lui Stefan C. Hepites manifestatiune, cu ocasiunea jumătăteĭ de veac a virsteĭ sale 5/17 februarie 1851 - 5/18 februarie 1901. Bucarest, 1901; in-4° (59 p. et portrait).

BUCAREST. *Institut météorologique*. Analele, t. XV, 1899. — Buletinul lunar al observatiunilor meteorologice, 1900.

MADRID. *Real Academia de ciencias*, tomo XIV, 1890-1901.

SAN FERNANDO. *Almanaque nautico* para el año 1903. 1901 ; gr. in-8°.

COPENHAGUE. *Société royale des sciences*. Tychonis Brahe, Dani, die XXIV octobris A. D. MDCI defuncti, operum primitos de nova stella summi civis memor. 1901 ; pet. in-4°.

STOCKHOLM. *Kong. Vetenskaps-Akademien*. Handlingar, Bd 33 och 34. — Bihang Bandet 26. — Lefnadsteckningar, IV, 1 och 2. — Meteorologiska Iakttagelser i Sverige, 1896.

HELSINGFORS. *Geologiska Undersökning*. Beskrifning till Kartbladet n°s 36 och 37. 2 broch. in-8° avec cartes.

SAINT-PÉTERSBOURG. *Observatoire central Nicolas*. Publications, vol. VI et VIII. — Annales, 1899, 1re et 2de parties. 1900-1901 ; in-4°.

TIFLIS. *Observatorium*. Beobachtungen, 1897. In-4°.

Conférence internationale (2me) pour l'exploration de la mer, réunie à Kristiania en 1901 : 1re et 2de parties. Christiania, 1901 ; pet. in-4°.

Handelingen van het vierde vlaamsch natuur- en geneeskundig Congres gehouden te Brussel den 30 September 1900. Gand, 1900 ; in-4°.

L'Académie a reçu en outre, pendant l'année 1901, les Revues et les publications des sociétés suivantes :

Anvers. *Société de médecine. — Société médico-chirurgicale. — Société de pharmacie.*

Bruxelles. *Académie royale de médecine. — Annales de médecine vétérinaire. — Annales des travaux publics. — Association belge de photographie. — Association belge des chimistes. — Bulletin mensuel de la station géophysique d'Uccle. — Bulletin de statistique démographique et sanitaire. — Ciel et Terre. — Ministères des Affaires étrangères, de l'Agriculture, de l'Intérieur, du Travail. — Moniteur belge. — Moniteur industriel belge. — Observatoire royal. — Presse médicale belge. — Revue de l'Université. — Sociétés : d'agriculture, d'anthropologie, d'astronomie, royale de botanique, d'électriciens, entomologique, de géologie et d'hydrologie, royale malacologique, royale de médecine publique, de microscopie, royale de pharmacie, des sciences médicales et naturelles, scientifique.*

Charleroi. *Société paléontologique et archéologique.*

Gand. *Société de médecine.*

Gembloux. *Station agronomique.*

Huy. *Cercle des sciences et des beaux-arts. — Cercle des Naturalistes.*

Liége. *Écho vétérinaire. — Société géologique de Belgique. — Société médico-chirurgicale.*

Berlin. *Kön. Akademie der Wissenschaften. — Deutsche chemische Gesellschaft. — Geologische Gesellschaft. — Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte. — Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie. — Physikalische Gesellschaft. — Meteorologisches Institut.*

Bonn. *Naturhistorischer Verein der preussischen Rheinlande und Westphalens.*

Brême. *Naturwissenschaftlicher Verein.*

Budapest. *Institut royal de géologie. — Académie des sciences.*

Cracovie. *Académie des sciences.*

Francfort-sur-Main. *Senckenberg. naturforsch. Gesellschaft.*

Francfort-sur-Oder. *Naturwissenschaftlicher Verein.*

Göttingen. *Kön. Gesellschaft der Wissenschaften.*

Halle. *Naturwiss. Verein für Sachsen und Thüringen.*

Iéna. *Medizinisch-naturwissenschaftliche Gesellschaft.*

Leipzig. *Archiv der Mathematik und Physik. — Beiblätter zu den Annalen der Physik und Chemie. — Kön. Gesellschaft der Wissenschaften. — Zoologischer Anzeiger.*

Munich. *Kön. Akademie der Wissenschaften.*

Prague. *Académie tchèque des sciences. — Kön. Gesellschaft der Wissenschaften. — Société mathématique.*

Strasbourg. *Société des sciences, agriculture et arts.*

Vienne. *Kaiserl. Akademie der Wissenschaften. — Anthropologische Gesellschaft. — Zoolog.-botanische Gesellschaft. — Kais. geologische Reichsanstalt. — Monatshefte für Mathematik und Physik. — Kais. naturhistorisches Hofmuseum. — Zool. botanische Gesellschaft.*

Wurzbourg. *Physikal.-medizinische Gesellschaft.*

Universités de Carlsruhe, Fribourg-en-Brisgau, Giessen, Heidelberg, Kiel, Marbourg, Strasbourg, Tubingue et Vienne.

Copenhague. *Institut météorologique. — Société royale des sciences.*

Albany. *University of the State of New York.*

Baltimore. *John Hopkins University.*

Berkeley. *University.*

Boston. *Academy of arts and sciences.* — *Natural History Society.*

Buenos-Ayres. *Sociedad cientifica Argentina.*

Cambridge. *Museum of compar. zoölogy.* — *Observatory.*

Chicago. *Field Columbian Museum.* — *Kenwood Observatory.*

Cordova. *Academia de ciencias.*

Granville. *Denison University.*

Halifax. *Nova-Scotian Institute.*

Ithaca. *Journal of physical chemistry.*

Lincoln. *University of Nebraska.*

Mexico. *Observatorio.* — *Sociedad de historia natural.*

Montévidéo. *Universidad.*

Mont-Hamilton. *Lick Observatory.*

Montréal. *Natural history Society.*

New-Haven. *Journal of sciences.*

New-York. *Academy of sciences.* — *Museum of natural history.*

Philadelphie. *Academy of natural sciences.* — *Franklin Institute.* — *The american Naturalist.* — *Philosophical Society.* — *Historical Society.*

Rochester. *Academy of sciences.* — *Geological Society.*

Saint-Louis. *Academy of sciences.*

Salem. *Essex Institute.*

San-Francisco. *California Academy of sciences.*

Santiago de Chili. *Société scientifique.*

Toronto. *Canadian Institute.*

Washington. *U. S. national Museum.* — *Smithsonian Institution.* — *U. S. Geological Survey.*

Amiens. *Société industrielle.*

Bône. *Académie d'Hippone.*

Bordeaux. *Société des sciences physiques et naturelles.*

Caen. *Société linnéenne.*

Dax. *Société de Borda.*

Le Havre. *Société d'études diverses.*

Lille. *Société géologique du Nord.*

Lyon. *Université.*

Marseille. *Société scientifique industrielle. — Faculté des sciences.*

Montpellier. *Académie des sciences et des lettres.*

Nancy. *Société des sciences.*

Paris. *Académie de médecine. — Bulletin scientifique* (Giard). — *École normale supérieure. — Journal de l'agriculture. — Le Cosmos. — La Nature. — Le Progrès médical. — Ministère de l'Instruction publique. — Moniteur scientifique. — Muséum d'histoire naturelle. — Revue générale des sciences. — Revue scientifique. — Sociétés : d'agriculture, d'anthropologie, astronomique, de biologie, chimique, géologique, mathématique, météorologique, philomatique, zoologique.*

Valenciennes. *Société d'agriculture.*

Adelaïde. *Royal Society of South Australia.*

Birmingham. *Philosophical Society.*

Calcutta. *Asiatic Society of Bengal. — Meteorological Department. — Geological Survey.*

Cambridge. *Philosophical Society.*

Dublin. *Dublin Society.*

Édimbourg. *Botanical Society. — Geological Society. — Physical Society. — Royal Society. — Laboratory of the R. College of physicians.*

Glascow. *Geological Society.*

Le Cap. *Philosophical Society.*

Londres. *Anthropological Institute. — Royal Astronomical Society. — Chemical Society. — Geological Society. — Insti-*

tution of mechanical Engineers. — *Institute of civil Engineers.* — *Royal Institution of Great Britain.* — *Linnean Society.* — *Mathematical Society.* — *Meteorological Society.* — *Royal Microscopical Society.* — *Nature.* — *Zoological Society.*

Newcastle-upon-Tyne. *Institute of mining and mechanical Engineers.*

Sydney. *Linnean Society.* — *R. Society of N. S. Wales.*

Florence. *Società entomologica italiana.* — *Rivista scientifico-industriale.*

Milan. *Società di scienze naturali.* — *R. Istituto di scienze.*

Modène. *Società dei naturalisti.*

Naples. *Società Reale.*

Padoue. *Società veneto-trentina di scienze naturali.*

Palerme. *Circolo matematico.*

Parme. *Il nuovo Risorgimento.*

Pise. *Società toscana di scienze naturali.* — *Il nuovo cimento.*

Rome. *Academia pontificia de Nuovi Lincei.* — *Comitato di artigliera e genio.* — *Gazetta chimica.* — *Ministerio dei lavori pubblici.* — *Società per gli studi zoologiche.*

Turin. *Academia reale delle scienze.*

Venise. *R. Istituto di scienze.*

Vérone. *Accademia d'agricoltura.*

Amsterdam. *K. Akademie van wetenschappen.* — *Société mathématique.*

Batavia. *Genootschap van kunsten en wetenschappen.* — *Natuurkundige Vereeniging.*

Buitenzorg. *Jardin botanique.*

Delft. *École polytechnique.*

Harlem. *Société hollandaise des sciences.*

La Haye. *Entomologische Vereeniging.*

Leyde. *Nederlandsche dierkundige Vereeniging.*

Bucarest. *Institut météorologique.* — *Ministère de l'Instruction publique.* — *Société des sciences physiques.*
Jassy. *Société scientifique et littéraire.*

Dorpat. *Université.* — *Naturforschende Gesellschaft.*
Kazan. *Université impériale.*
Moscou. *Société impériale des Naturalistes.*
Nowa-Alexandrya. *Annuaire géologique et minéralogique.*
Odessa. *Société des Naturalistes.*
Saint-Pétersbourg. *Académie impériale des sciences.* — *Institut impérial de médecine expérimentale.* — *Comité géologique.* — *Jardin impérial de botanique.* — *Société de chimie.* — *Université impériale.*
Varsovie. *Travaux mathématiques et physiques.*

Christiania. *Société des sciences.* — *Université.*
Stockholm. *Nordiskt medicinsk Archiv.* — *Acta mathematica.* — *Institut royal géologique.* — *Société entomologique.*
Upsal. *Université.*

Genève. *Archives des sciences physiques et naturelles.*
Lausanne. *Société vaudoise des sciences naturelles.*
Zurich. *Naturforschende Gesellschaft.*

Alexandrie. *Institut égyptien.*
Belgrade. *Académie royale des sciences.*
Coïmbre. *Jornal mathematicas* (Teixeira).
Le Caire. *Société khédiviale de géographie.*
Manila. *Observatorio meteorologico.*
Tokyo. *Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ostasiens.* — *Imperial University.*

TABLES ALPHABÉTIQUES

Classe des sciences.

1901

TABLE DES AUTEURS.

A

Académie des sciences de l'Institut de France. Hommage d'ouvrage (carte photographique du Ciel, suite), 419.

Académie royale des Lincées, à Rome. Mort de son président, le professeur Angelo Messedaglia, 270.

Académie royale des sciences de Turin. Programme du concours international pour le Prix Bressa, 51.

Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique. Abrogation du § 2 de l'article 10 de ses statuts, et modification de l'article 33 de son règlement général, 354. — Adresse ses félicitations au Roi au sujet de la naissance de S. A. R. Mgr le Prince Léopold de Belgique, 593.

Albert, de Monaco (S. A. S. Mgr le prince). Hommage d'ouvrages, 271.

Anderson (*P.-J.*). Hommage d'ouvrages, 271.

Anonymes (Auteurs de mémoires de concours). Sur le rôle physiologique des substances albu-

minoïdes dans la nutrition des animaux et des végétaux. Rapports de MM. Errera, Jorissen et Fredericq, 746, 752, 753. — Structure des Phoronidés et leurs relations avec les Entéropneustes (Mention très honorable). Rapports de MM. Van Beneden, Plateau et Van Bambeke, 753, 763.

Arctowski (*H.*). Sur les sédiments marins rapportés par la « Belgica » (*Mémoires* in-8°, t. LXI), en collaboration avec Renard, A.-F., 7.

Association internationale des Académies. Compte rendu de la mission de M. J. De Tilly, 277. — M. Darboux, président en 1901, envoie divers documents (Contrôle des instruments de physiologie, prêt des manuscrits, délégués du Comité), 326, 354.

Association internationale des botanistes. Réunion à Genève, 355.

B

Bambeke (*Ch. Van*). Hommage d'ouvrages, 51. — Le mycélium de Lepiota meleagris (*Mémoires des membres*, in-4°). Lecture du rapport de M. Errera, 596. — Note bibliographique : voir *Schuyten* (*M.-C.*). — Rapports : voir *Anonyme* (mémoire du concours de 1901), *Julin* (*Ch.*), *Maltaux* (*Maria*), *Pelseneer* (*P.*).

Battaglia-Rizzo (*Fr.*). Brevi cenni su di un fossile nuovo rinvenuto nell' ex castello di Termini Imerese, Sicile (Il est passé à l'ordre du jour, après avis de M. Fraipont), 115.

Beaupain (*J.*). Sur les fonctions de Kinkelin. Lecture des rapports de MM. Ch.-J. de la Vallée Poussin, J. Deruyts et Mansion, 511.

Beneden (*Éd. Van*). Élu directeur pour l'année 1902, 4. — Nommé président de l'Académie pour la même année, 662. — Rapports : voir *Anonyme* (Mémoire du concours de 1901), *Julin* (*Ch.*), *Pelseneer* (*P.*).

Berthelot (*M.-P.-E.*). Les carbures d'hydrogène, 1851-1891 (Sentiments exprimés au sujet de la publication de cet ouvrage), 419; remerciements, 506; manifestation en son honneur (M. Moisson accepte de remettre l'Adresse académique), 662.

Biervliet (*J.-J. Van*). Nouvelle contribution à l'étude de l'asymétrie sensorielle, 679; rapport de MM. L. Fredericq et Masius, 599, 600. — Hommage d'ouvrages, 595.

Brachet (*A.*). Hommage d'ouvrage, 595.

Breydel (*A.*). Explosion à distance et sans fils (Ordre du jour prononcé sur cette communication), 52.

Brialmont (*Alexis*). Hommage d'ouvrage, 594. — Membre de

la Commission spéciale des finances, 666. — Rapport sur le prix Lemaire, 774.

C

Camerono (*L.*). Hommage d'ouvrage, 51.

Camo. Électrolyse du nitrate d'uranium, 321; avis favorable de MM. Spring et Henry, 279.

Campbell (*W.-W.*). Adresse le n° 1 du Bulletin de l'Observatoire de Mont-Hamilton, 110.

Caratheodory (*C.*). Nouvelles mesures du mur sud de la grande galerie de la grande pyramide de Cheops, 31; avis de M. Ch. Lagrange, 4.

Cesàro (*Ern.*). Remercie pour son élection d'associé, 2. — Hommage d'ouvrage, 508.

Cesàro (*G.*). DES SYSTÈMES HOMOGÈNES : Généralisation d'un théorème de la théorie des réseaux, 303. — Résolution graphique des cristaux, 2e partie (*Mémoires des membres*, in-4°, t. LIV). Rapport de MM. Neuberg et Ch.-J. de la Vallée Poussin, 361, 362.

Christophe (*Paul*). Présente un mémoire pour le prix Charles Lemaire (Le béton armé et ses applications), 530; rapport du jury, 771, 774; proclamé lauréat, 879.

Clerfeyt (*Charles*). Expériences sur l'accoutumance héréditaire des Levures aux solutions salines concentrées, 537; rapport de MM Errera et Laurent, 328.

Comité pour le monument élevé à Fr. Brioschi. Hommage de la publication éditée, 110.

Crépin (*Fr.*). Délégué auprès de la Commission administrative, 277. — Membre de la Commission spéciale des finances, 666.

D

Debeil (*A.*). Rapport sur le prix Lemaire, 771.

De Heen (*P.*). — Probabilité de l'invariabilité de la chaleur spécifique des nouveaux gaz endéans les plus larges limites de variations de température, 65. — Impressions électriques obtenues en relief à la surface diélectrique fusible. 66. — Constatation d'un phénomène d'émission cathodique superficielle, 253. — Constatation de quelques faits relatifs à l'émission et aux conditions d'équilibre ou de mouvement du nouveau fluide, 255. — Note sur la confection des plateaux de résine pour l'observation des manifestations du nouveau fluide, 202. — Étude des lois qui régissent la décharge des conducteurs électrisés par les émanations des flammes et des substances radio-actives, 203. — Action d'un courant gazeux sur le souffle qui détermine les ombres électriques et le nou-

veau fluide, 676. — Hommage d'ouvrage, 665. — Rapport sur le prix Lemaire, 776. — Rapports : voir *Duhem* (*P.*), *Hemptinne* (*A. de*), *Vandevyver* (*M.*).

Delacre (*M.*). Rapports : voir *Schuyten* (*M.-C.*).

de la Vallée Poussin (*Ch.-J.*). Rapports : voir *Beaupain* (*J.*), *Cesàro* (*G.*).

Deltour (*D.*). Dépose des plis cachetés, 420, 507.

Demoor (*J.*). Hommage d'ouvrage, 272.

Deruyts (*J.*). Rapports : voir *Beaupain* (*J.*), *Stuyvaert* (*M.*).

De Wildeman (*É.*). Hommage d'ouvrages, 595.

Dierckx (*Fr.*). Hommage d'ouvrage, 356.

Dollo (*L.*). Hommage d'ouvrage, 231.

Doudou (*Ern.*). L'influence du milieu sur l'OEdipoda cœrulescens. — Les insectes ressuscités par la chaleur (Dépôt aux archives sur les conclusions des rapports de M. Plateau), 666, 745.

Dubois (*Alph.*). Hommage d'ouvrage, 356.

Dubois (*Ern.*) Hommage d'ouvrage, 3.

Duchateau (*A.*). Démonstration générale du théorème des vitesses virtuelles (A l'examen), 273.

Duhem (*P.*). Sur les déformations permanentes et l'hystérésis : VIe mémoire : L'inégalité de Clausius et l'hystérésis; VIIe mémoire : Hystérésis et viscosité (*Mémoires* in-4° *des savants étrangers*). Rapport de MM. Ch. Lagrange et De Heen, 345.

Duport (*H.*). Hommage d'ouvrage, 508.

E

Errera (*L.*). Sur la MYRIOTONIE comme unité dans les mesures osmotiques, 135. — Notes bibliographiques : voir *Clerfeyt* (*Ch.*), *Starke* (*J.*). — Rapports : voir *Anonyme* (mémoire du concours de 1901), *Bambeke* (*Ch. Van*), *Clerfeyt* (*Ch.*), *Maltaux* (*Maria*), *Massart* (*J.*), *Ryssel-berghe* (*F. Van*), *Starke* (*J.*).

F

Ferron (*Eug.*). Soumet les travaux suivants : 1° Théorème nouveau de mécanique : Première application; Théorie mathématique des bicycles, etc., 3; 2° Seconde application du théorème nouveau de mécanique (Théorie mathématique des locomotives), 52; 3° Solution complète du problème de l'équilibre d'un corps solide qui n'a d'autre liberté que celle de tourner autour de la droite joignant deux points fixes (Dépôt aux archives). Rapports de MM. Le Paige, Lagrange et De Tilly, 512, 513, 515; 4° Mémoire énonçant et démontrant

deux théorèmes nouveaux relatifs aux axes permanents de rotation des corps solides, 327, 357.

Fiévez (*Ch*). Observations des Léonides faites à Boitsfort en 1901, 734; avis de M. Ch. Lagrange, 666.

Firket (*Ad.*). Hommage d'ouvrage, 420.

Folie (*F.*). Les mois de novembre et de décembre 1900, 8. — Observations de phénomènes périodiques, 320; Phénomènes observés en mai 1901, 378. — Détermination de la constante de l'aberration et calcul de la vitesse du système solaire au moyen des observations de Struve, 329, 455. — Variations de latitude dues aux marées, 520.

Fraipont (*J.*). Matériaux pour l'histoire des temps quaternaires en Belgique, 463. — La Belgique préhistorique et protohistorique, 823. — Élu membre titulaire, 880. — Rapport : voir *Battaglia-Rizzo* (*Fr.*).

Fredericq (*Léon*). Sur la perméabilité de la membrane branchiale, 68. — Sur les pulsations de la veine cave supérieure et des oreillettes du cœur chez le chien, 126. — Sur la concentration moléculaire du sang et des tissus chez les animaux aquatiques, 428. — Réunion à Turin de la Commission internationale de contrôle des instruments enregistreurs et d'unification des méthodes en physiologie, 590. — Hommage d'ouvrage, 508. — Rapports : voir *Anonyme* (mémoire du concours de 1901), *Biervliet* (*J.-J. Van*), *Nolf* (*P.*), *Rulot* (*H.*), *Ryssel-berghe* (*F. Van*), *Thibert* (*C.*).

G

Gaudry (*Alb.*). Hommage d'ouvrage, 508.

Geddes (*sir W.-D.*). Hommage d'ouvrages, 271.

Gerlache (*A. de*). Don de 43,000 francs pour la création d'un prix dit de la « Belgica ». (Lettres à l'appui), 665; acceptation en principe de cette Fondation, 745.

Giard (*Alfr.*). Élu associé, 880.

Gramme (*Z.-Théophile*). Décès, 47.

Gravis (*A.*). — Rapports : voir *Maltaux* (*Maria*), *Massart* (*J.*), *Rysselberghe* (*F. Van*).

Guillaume (*Ch.-Ed.*). Fait hommage des trois volumes publiés par le Congrès international de physique de 1900 et remercie pour la délégation des trois membres de l'Académie, 50.

H

Haeckel (*E.*). Hommage d'ouvrage, 594. — Adresse le libellé d'une question sur la théorie

de la descendance, etc. (prix de 30,000 marcs), 662.

Hemptinne (*A. de*). Sur la conductibilité électrique de la flamme et des gaz, 600. — Sur la formation de l'ozone par les effluves électriques, 612; rapports de MM. De Heen et Spring sur ces deux communications, 596, 597. — Sur la synthèse de l'ammoniaque par l'électricité, (à l'examen), 663.

Henry (*Louis*). Sur quelques dérivés éthyléniques, 236. — Sur les dérivés éthyléno-éthyliques et éthyléno-acétiques (notice préliminaire), 249. — Sur le nitrile adipique NC-$(CH_2)_4$-CN, 367. — Sur divers composés éthyléniques (*Mémoires* in-8°), 600. — Sur le prix actuel des composés éthyléniques (lecture), 675. — Hommage d'ouvrages, 272. — Rapports : voir *Mousset* (*Th.*), *Oechsner de Koninck* (*W.*), *Peeters* (*Edgar*), *Tordoir* (*R.*), *Stiénon* (*P.*), *Swarts* (*F.*).

Hermite (Mme *Ch.*). Annonce la mort de son mari, 46.

Hermite (*Ch.*). Son décès, 46. Paroles prononcées par M. J. De Tilly, 46.

I

Institut royal supérieur de technologie à Charlottenbourg. Fait hommage du livre publié à l'occasion de son centième anniversaire, 110.

J

Jacobs (*Fern.*). Remercie pour le prix Mailly, 2.

Janssens (*F.*). Sollicite l'occupation, en 1902, de la table d'études réservée à la Belgique au Laboratoire de Naples, 594.

Jorissen (*A.*). Rapports : voir *Anonyme* (mémoire du concours de 1901); *Schuyten* (*M.-C.*)

Julin (*Ch.*). Sollicite l'occupation, en 1902, de la table d'études réservée à la Belgique au Laboratoire de Naples, 507; lecture des rapports de MM. Van Beneden, Van Bambeke et Plateau, 595.

K

Klément (*C.*). Hommage d'ouvrage, 231.

Kowalewsky (*A.*). Décès, 662.

L

Lacaze-Duthiers (baron *J.-F.-H.*). Décès (expression de regrets et de reconnaissance), 418.

Laer (*H. Van*). Hommage d'ouvrage, 308.

Lagasse-de Locht (*Ch.*). Rapport sur le prix Lemaire, 771.

Lagrange (*Ch.*). Sa donation de 10,000 francs pour la fondation

d'un prix de physique du globe est inscrite au Grand-Livre de la Dette publique, 49; règlement de ce prix, 273. — MÉCANIQUE RATIONNELLE : Sur la prétendue indétermination des réactions dans les équations d'équilibre des corps indéformables, 428, 535. — ÉTUDE DU PRINCIPE DE LA LIMITE. Limites et infiniment petit. Cas en défaut du principe de la limite et remarque sur le symbole ZÉRO, 549. — Rapports : voir *Caratheodory* (*Ch*), *Duhem* (*P.*), *Ferron* (*Eug.*), *Fiévez* (*Ch.*), *Lemaire* (*Ch.*).

Lagrange (*Eug.*). Hommage d'ouvrages avec note par J. De Tilly (Bulletin mensuel de la Station géophysique d'Uccle, mai-juin 1901), 420, 422, 665.

Lambin (*A.-H.*). Rapport sur le prix Lemaire, 771.

Lancaster (*Alb.*). Hommage d'ouvrages, 51, 356. — Lettre relative à l'astronome belge Godefroid Wendelin, 124. — Membre de la Commission spéciale des finances, 666. — Rapports : voir *Lemaire* (*Ch.*), *Vanderlinden* (*Em.*).

Lapparent (*A. de*). Hommage d'ouvrage, 251.

Laurent (*Em.*). Remercie pour son élection de correspondant, 2. — Hommage d'ouvrage, 111. Rapports : voir *Clerfeyt* (*Ch.*), *Massart* (*J.*).

Lavachery (*R.*). Dépose des plis cachetés, 420.

Lecointe (*G.*). Hommage d'ouvrage, 420.

Lemaire (*Ch.*). MISSION SCIENTIFIQUE DU KATANGA. Note préliminaire sur les résultats des observations magnétiques faites au Congo de 1898 à 1900, 71; rapport de MM. Lancaster et Lagrange, 62.

Le Paige (*C.*). Rapports : voir *Ferron* (*Eug.*), *Stuyvaert* (*M.*).

Lucas (le P.). Hommage d'ouvrage, 3.

M

Maltaux (*Maria*). Médaille d'argent pour son mémoire sur la caryocinèse et la division cellulaire dans le règne végétal, 879; rapports de MM. Van Bambeke, Errera et Gravis, 764, 767, 769.

Mansion (*P.*). Hommage d'ouvrage, 272. — Rapport : voir *Beaupain* (*J.*).

Marchal (Chevalier *Edm.*). Exprime les regrets causés par la mort de Zénobe-Théophile Gramme, 47. — Mort de son frère, le lieutenant général Chevalier Félix Marchal (Lettre de condoléance), 506.

Marchal (Chevalier *Félix*). Décès, 506.

Masius (*J.-B.-V.*). Rapports : voir

Biervliet (*J.-J. Van*), *Nolf* (*P.*), *Rulot* (*H.*).

Massart (*J.*). Recherches sur les organismes inférieurs, 91; avis de M. Errera, 61. — Sur l'irritabilité des plantes supérieures (*Mémoires* in-8°). Rapport de MM. Errera, Gravis et Laurent, 517, 519.

Maupas (*E.*). Hommage d'ouvrage, 111.

Merlin (*Ém.*). Détermination de trois classes particulières de surfaces de translation (A l'examen), 3.

Messedaglia (*Angelico*). Décès, 270.

Michaux. Sur la résolution générale des équations (A l'examen), 231.

Mierlo (*C.-J. van*). Hommage d'ouvrage, 231.

Ministre de l'Agriculture. Envois d'ouvrages, 2, 507.

Ministre de l'Industrie et du Travail. Envois d'ouvrages, 50, 271, 326, 664.

Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts de France. Hommage d'un exemplaire de l'œuvre de M. Berthelot (Les carbures d'hydrogène, 1851-1891), 419.

Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique Envois d'ouvrages, 49, 230.

Ministre des Finances et des Travaux publics. Envois d'ouvrages, 231, 271, 604.

Mislawsky (*A.-A.*). Célébration de son jubilé à Ekaterinebourg (Félicitations), 270; remercie, 507.

Mittag-Leffler (*G.*). Élu associé, 880.

Moissan (*H.*). Hommage d'ouvrage, 326. — Accepte de remettre l'Adresse de l'Académie à la Manifestation Berthelot, 662.

Mourlon (*M.*). Le sous-sol de Bruxelles au point de vue du projet de jonction des gares du Nord et du Midi, 300. — Membre de la Commission spéciale des finances, 666. — Hommage d'ouvrages, 420, 508. — Note bibliographique : voir *Simoens* (*G.*).

Mousset (*T.*). Sur quelques dérivés du nitro-isopentane primaire $(NO_2)\,CH_2 - CH_2 - CH < {CH_3 \atop CH_3}$, 622; rapport de MM. Henry et Spring, 597, 599.

Murray (*sir John*). Hommage d'ouvrage, 111.

Museum d'histoire naturelle de Paris. Inauguration de la statue de Chevreul (Lettre de participation), 355.

N

Neuberg (*J.*). Rapports : voir *Cesàro* (*G.*), *Stuyvaert* (*M.*).

Niesten (*L.*). Hommage d'ouvrage, 51.

Nolf (*P.*). Technique de la cryoscopie du sang, 709; rapport de

MM. Fredericq et Masius, 674, 675.

Nordenskiöld (baron *Ad.-Erik*). Son décès (Remerciements pour les condoléances exprimées à la famille), 506.

O

Observatoire du Mont-Hamilton. Adresse le n° 1 de son *Bulletin*, 111.

Oechsner de Coninck (*W.*). Contribution à l'étude du nitrate d'uranium et du sulfate d'uranium, 222. — Sur l'électrolyse du nitrate d'uranium, 321. — Contribution à l'étude du sulfate uranique, 349. — Sur le sulfate uraneux, 483; avis favorables de MM. Spring et Henry, 115, 279, 327, 426. — Hommage d'ouvrages, 356, 595.

P

Pachoutine (*V.*). Décès, 110.

Pasquier (*Ern.*). Hommage d'ouvrage, 272.

Peeters (*Edgard*). Sur l'isopropanol-amine $H_3C - CH(OH) - CH_2(NH_2)$, 9; rapport de MM. L. Henry et Spring, 5, 6.

Pelseneer (*P.*). Études sur des Gastropodes pulmonés (t. LIV, *Mémoires des membres* in-4°). Rapport de MM. Van Beneden et Van Bambeke, 61. — Sur le degré d'eurythermie de certaines larves marines, 279. — Les Néoméniens de l'Expédition antarctique belge et la distribution géographique des Aplacophora, 528.

Plateau (*F.*). Remet, pour l'*Annuaire*, sa notice sur le baron Michel-Edmond de Selys Longchamps (Remerciements), 507. — Rapports : voir *Anonyme* (mémoire du concours de 1901), *Doudou* (*Ern.*), *Julin* (*Ch.*).

Posno (*J.*). Lettres concernant l'accumulateur relié à la thermo-chimie (A l'examen), 509.

R

Renard (*A.-F.*). Sur les sédiments marins rapportés par la « Belgica » (*Mémoires* in-8°, t. LXI, en collaboration avec M. Arctowski, 7.

Renault (*B.*). Hommage d'ouvrage, 420.

Rulot (*Hector*). Note sur l'hibernation des chauves-souris, 17; rapport de MM. L. Fredericq et J.-B.-V. Masius, 7.

Rysselberghe (*Fr. Van*). Influence de la température sur la perméabilité du protoplasme vivant pour l'eau et les substances dissoutes, 173; rapport de MM. Errera, L. Fredericq et Gravis, 121, 124.

S

Salignac-Fénelon (vicomte *de*). Hommage d'ouvrage, 356.

Schiaparelli (*J.-V.*). Représente l'Académie à l'inauguration du monument Brioschi, 2.

Schuyten (*M.-C.*). Sur les dérivés ferriques halogènes de l'antipyrine. (Billet cacheté ouvert à la demande de l'auteur), 272. — Sur le nitroprussiate, le ferro- et le ferricyanure d'antipyrine, 420. Rapports de MM. Jorissen et Delacre sur ces deux communications, 366, 367, 511. — Hommage d'ouvrages, 336, 508. — Note par M. Van Bambeke sur son *Paedologisch Jaarboek*, 2de jaargang, 339, 508.

Selys Longchamps (feu le baron *Michel-Edmond*). A légué une rente de cinq cents francs pour la fondation de prix à décerner à des travaux sur la faune de Belgique, 48. — Acceptation de ce legs par arrêté royal, 230. — Commission chargée d'élaborer un règlement, 230. — Règlement, 337.

Selys Longchamps (*R.* et *W.*). Remercient pour les marques de sympathie qui leur ont été données et annoncent le legs fait par leur père pour la fondation de prix à décerner à des travaux sur la faune de Belgique, 47. — Envoient des exemplaires d'une brochure à la mémoire de leur père, 326.

Servais (*C.*). Sur les faisceaux de surfaces du second ordre (A l'examen), 327.

Simoens (*G.*). Hommage d'ouvrage avec note par M. Mourlon (La faille d'Haversin; la faille de Walcourt), 111.

Société impériale et royale zoologico-botanique de Vienne (Autriche). Son cinquantenaire, 51; remercie pour les félicitations, 270.

Société nationale des sciences naturelles et mathématiques de Cherbourg. Son cinquantenaire (félicitations), 594.

Société scientifique de Bruxelles. Son vingt-cinquième anniversaire (Remercie pour les félicitations), 270.

Spring (*W.*). Sur la cause de la diminution de densité qu'éprouvent certains corps à la suite d'une forte compression (Pli ouvert déposé provisoirement aux archives), 675. — Rapports : voir *Hemptinne* (*A. de*), *Mousset* (*Th.*), *Oechsner de Coninck* (*W.*), *Peeters* (*E.*), *Tordoir* (*R.*), *Stiénon* (*P.*), *Swarts* (*Fr*).

Starke (*Johannes*). Hommage d'ouvrages avec note par L. Errera (Globulin als Alkali Eiweissverbindung. Ueber Transformation von Albumin in Globulin), 111, 113, 665. — De la prétendue existence de solanine dans les graines de Tabac, 379; avis de M. Errera, 361.

Stiénon (*P.*). Sur divers alcools-

amines en C_4 et en C_5, 703; rapport de MM. Henry et Spring, 670, 673.

Stroobant (*P.*). Hommage d'ouvrage, 326.

Stuyvaert (*M.*). Sur les plans qui coupent, en des points d'une conique, un système de lignes de l'espace (*Mémoires* in-8°). Rapport de MM. Neuberg, J. Deruyts et Le Paige, 666, 669.

Swaen (*A.*). Hommage d'ouvrage, 595.

Swarts (*Fréd.*). Sur quelques dérivés fluobromés en C_2 (quatrième communication), 383; rapports de MM. Spring et Henry, 362, 364.

T

Tackels (*C.-J.*). Hommage d'ouvrages, 272.

Terby (*Fr.*). Rapport : voir *Vanderlinden* (*E.*).

Thibert (*C.*). Sur l'action physiologique de la décoction de moules (*Mytilus edulis*), 494; avis de M. L. Fredericq, 426.

Tilly (*J. De*). Hommage d'ouvrage, 3. — Paroles prononcées à la mémoire de Ch. Hermite, 46. — Compte rendu de sa mission comme directeur de la Classe des sciences, à la première assemblée générale de la Fédération internationale des Académies, 277. — Membre de la Commission des finances, 666. — Sur divers points de la philosophie des sciences mathématiques (discours), 779. — Rapport : voir *Ferron* (*Eug.*). — Note bibliographique : voir *Lagrange* (*Eug.*).

Tordoir (*R.*). Sur divers alcools-amines en C_4 et en C_5, 695; rapport de MM. Henry et Spring, 670, 673.

U

Université d'Aberdeen (*Écosse*). Hommage d'ouvrage, 271.

Université de Glasgow. Son neuvième cinquantenaire, 51.

V

Van de Kerckhof (*P.*). Remis en possession de son manuscrit sur la circulation dans le cercle artériel de Willis, 3.

Van den Bossche (baron). Hommage d'ouvrage, 665.

Van den Broeck (*E.*). Hommage d'ouvrage, 272.

Vanderlinden (*E.*). Contribution à l'étude des situations atmosphériques qui accompagnent le brouillard en Belgique, 153; rapports de MM. Lancaster et Terby, 115, 121.

Van der Mensbrugghe (*G.*). Remarques sur quelques phénomènes d'imbibition, 372. — Rapports sur le prix Lemaire,

776; sur une note de *M. Vandevyver* (*M.*), 426. — Hommage d'ouvrage, 665.

Vandevelde (*A.-J.*). Hommage d'ouvrage, 327.

Vandevyver (*M.*). Action de l'électricité sur le brouillard, 486; rapport de MM. G. Van der Mensbrugghe et De Heen, 426, 427.

Virchow (*Rudolphe*). Son quatre-vingtième anniversaire, 419, 507; Adresse de félicitations de l'Académie, 509.

W

Wattier (*E.*). Soumet une brochure en vue d'être proposé pour le Prix Nobel, 744.

Z

Zittel (*Ch.-Alfr. von*). Élu associé, 880.

TABLE DES MATIÈRES.

A

Aberration. Détermination de la constante de l'aberration et calcul de la vitesse du système solaire au moyen des observations de Struve; par F. Folie, 329, 455.

Accumulateur (Lettres sur l') relié à la thermo-chimie; par J. Posno (A l'examen), 509.

Albumine. Voir *Globuline*.

Alcools. Sur divers alcools-amines en C_4 et en C_6; par R. Tordoir, 695. Même travail; par P. Stiénon, 703; rapport de MM. Henri et Spring, 670, 673.

Ammoniaque. Voir *Électricité*.

Antipyrine. Sur les dérivés ferriques halogénés de l'antipyrine (Contenu d'un billet cacheté déposé en 1897); par M.-C. Schuyten. Rapports de MM. Jorissen et Delacre, 366, 367. — Sur le nitroprussiate, le ferro- et le ferricyanure d'antipyrine; par M.-C. Schuyten. Lecture des rapports de MM. Jorissen et Delacre, 511.

Aplacophora (Distribution géographique des). Voir *Néoméniens*.

Associations. Voir *Congrès*.

Astronomie. Voir *Aberration; Latitude; Léonides; Prix Mailly; Wendelin* (*Godefroid*).

Asymétrie. Nouvelle contribution à l'étude de l'asymétrie sensorielle; par le Dr J.-J. Van Biervliet, 679; rapport de MM. L. Fredericq et Masius, 599, 600.

Atmosphère. Voir *Brouillard*.

B

Bactériologie. Voir *Myriotonie*.

Belgica. Voir *Néoméniens; Prix* dit de la *Belgica*.

Belgique. Voir *Brouillard; Paléontologie*.

Bicycles. Voir *Mécanique*.

Billets cachetés. Ouverture d'un billet cacheté déposé en 1897 par M.-C. Schuyten, 272; rapports de MM. Jorissen et Delacre sur le contenu de ce billet (Sur les dérivés ferriques halogénés), 366, 367. — Billets déposés par MM. D. Deltour, 420, 507; R. Lavachery, 420.

Biographie. Annonce de la mort de Ch. Hermite et de Zénobe-Théophile Gramme (Regrets exprimés), 46, 47. — A la mémoire de M. Edm. baron de Selys Longchamps (brochure

offerte par MM. de Selys Longchamps fils), 326. — Expression de regrets et de reconnaissance à la mémoire du baron de Lacaze-Duthiers, associé de l'Académie, 418. — Voir *Wendelin* (*Godefr.*).

Biologie. Sur la concentration moléculaire du sang et des tissus chez les animaux aquatiques; par L. Fredericq, 428. — M. Ch. Julin sollicite l'occupation, en 1902, de la table d'études réservée à la Belgique au Laboratoire de Naples, 507; lecture des rapports de MM. Van Beneden, Van Bambeke et Plateau, 595. — Même demande adressée par le professeur F. Janssens, de Louvain (A l'examen), 594. — Voir *Eurythermie; Levures; Perméabilité.*

Botanique. Voir *Caryocinèse; Congrès; Globuline; Irritabilité; Myriotonie; Perméabilité; Solanine.*

Brioschi (*Francesco*). Voir *Monument*, 2.

Brouillard. Contribution à l'étude des situations atmosphériques qui accompagnent le brouillard en Belgique; par E. Vanderlinden, 153; rapports par MM. Lancaster et Terby, 115, 121. — Action de l'électricité sur le brouillard; par M. Vandevyver, 486; rapport de MM. Van der Mensbrugghe et P. De Heen, 426, 427.

Bruxelles. Voir *Géologie.*

C

Carbures. Voir *Hydrogène.*

Caryocinèse. Mémoire sur la caryocinèse et la division cellulaire dans le règne végétal; par Mlle Maria Maltaux (médaille d'argent), 879; rapports de MM. Van Bambeke, Errera et Gravis, 764, 767, 769.

Chaleur spécifique des nouveaux gaz (Probabilité de l'invariabilité de la) endéans les plus larges limites de variations de température; par P. De Heen, 65.

Chauves-souris. Voir *Hibernation.*

Cheops. Voir *Pyramide.*

Chevreul (*M.*). Inauguration de sa statue au Muséum d'histoire naturelle de Paris, 335.

Chien. Voir *Pulsations.*

Chimie. Voir *Accumulateur; Alcools; Composés; Dérivés; Globuline; Hydrogène; Isopropanol; Nitrile; Solanine; Systèmes homogènes; Uranium.*

Circulation. (Sur la) dans le cercle artériel de Willis; par P. Van de Kerckhof (Restitution du manuscrit à l'auteur), 3.

Coccobotrys xylophilus. Voir *Mycélium.*

Commission administrative. M. Crépin réélu délégué, 277.

Commission de la Carte géologique de Belgique. Hommage des

dernières feuilles publiées, 271, 664.

Commission spéciale des finances. Réélection, 666.

Composés. Sur divers composés éthyléniques (*Mémoires* in-8°); par L. Henry, 600. — Sur le prix actuel des composés éthyléniques (lecture); par le même, 673.

Compression. Voir *Densité.*

Concours international (Prix Bressa) ouvert par l'Académie royale des sciences de Turin, 51.

Concours pour la solution d'une question sur les principes et la théorie de la descendance, etc. (Prix 30,000 Mark), 662.

Concours de la Classe des sciences. Les médailles d'or seront de 600 francs au moins, 334.

1901. Programme, 53.—Mémoires reçus et désignation des commissaires, 421. — Mémoire sur le rôle physiologique des substances albuminoïdes dans la nutrition. Rapports de MM. Errera, Jorissen et Fredericq, 746, 752, 753. — Mémoire sur la structure des Phoronidés et leurs relations avec les Entéropneustes (mention très honorable). Rapports de MM. Van Beneden, Plateau et Van Bambeke, 753, 763. — Mémoire sur la caryocinèse et la division cellulaire dans le règne végétal; par Mlle Maria Maltaux (médaille d'argent). Rapports de MM. Van Bambeke, Errera et Gravis, 764, 767, 769. — Proclamation des résultats, 878.

1902. Programme, 55.

Congo. Voir *Magnétisme.*

Congrès :

Association internationale des Académies (1re session à Paris). Compte rendu par M. J. De Tilly de sa mission, 277. — Envoi de divers documents par M. Darboux, président pour 1901 (Contrôle des instruments de physiologie; projet relatif au prêt des manuscrits; délégués du Comité à la deuxième session, à Londres), 326, 355.

Association internationale des botanistes. Réunion à Genève, 355.

Congrès international de physique de 1900. Remerciements de la Commission et hommage des trois volumes publiés, 50.

Congrès international des physiologistes à Turin (cinquième). Réunion à Turin, 2. — Réunion à Turin de la Commission internationale de contrôle des instruments enregistreurs et d'unification des méthodes en physiologie, 590.

Congrès britannique de la tuberculose, à Londres (Lettre de sympathie), 355.

Congrès international de zoologie. Cinquième session à Berlin, 110.

Cristallographie. Résolution gra-

phique des cristaux (2e partie); par G. Cesàro, 231 (*Mémoires des membres*, in-4°, t. LIV). Rapports de MM. Neuberg et Ch.-J. de la Vallée Poussin, 361, 362. — Voir *Systèmes homogènes*.

Cryoscopie. Technique de la cryoscopie du sang; par le Dr P. Nolf, 709; rapport de MM. L. Fredericq et Masius, 674, 675.

D

Densité. Sur la cause de la diminution de densité qu'éprouvent certains corps à la suite d'une forte compression; par W. Spring (Pli ouvert provisoirement déposé aux archives), 675.

Dérivés. Sur quelques dérivés éthyléniques; par Louis Henry, 236. — Sur les dérivés éthyléno-éthyliques et éthyléno-acétiques; par le même, 249. — Sur les dérivés ferriques halogénés de l'antipyrine (contenu d'un billet cacheté déposé en 1897); par M.-C. Schuyten. Rapports de MM. Spring et Delacre, 366, 367. — Sur quelques dérivés fluobromés en C_2 (quatrième communication); par F. Swarts, 385; rapports de MM. Spring et Henry, 362, 364. — Sur quelques dérivés du nitro-isopentane primaire (NO_2) CH_2-$CH < \begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}$; par Th. Mousset, 622; rapport de MM. L. Henry et Spring, 597, 599.

Dons. Ouvrages imprimés : Académie des sciences de l'Institut, 419; Albert de Monaco (S. A. S. le Prince), 271; Anderson (P.-J.), 271; Association internationale des Académies, 326, 334; Bambeke (Ch. Van), 51; Biervliet (J.-J. Van), 595; Brachet (A.), 595; Brialmont (A.), 594; Camerono (L.), 51; Campbell (W.-W.), 110; Cesàro (E.), 508; Comité pour le monument élevé à Fr. Brioschi, 110; Commission de la Carte géologique de Belgique, 271, 664; De Heen (P.), 665; Demoor (J.), 272; De Wildeman (E.), 595; Dierckx (F.), 356; Dollo (L.), 231; Dubois (A.), 356; Dubois (E.), 3; Duport (H.), 508; Firket (Ad.), 420; Fredericq (L.), 508; Gaudry (A.), 508; Geddes (sir W.-D.), 271; Goppelsroeder (F.), 744; Guillaume (Ch.-Ed.), 50; Haeckel (E.), 594; Henry (L.), 272; Institut royal supérieur de technologie, à Charlottenbourg, 110; Klément (C.), 231; Laer (H. Van), 508; Lagrange (Eug.), 420, 665; Lancaster (A.), 51, 356; Lapparent (A. de), 231; Laurent (E.), 111; Lecointe (G.), 420; Lucas (le P.), 3; Mansion (P.), 272; Maupas (E.), 111; Mierlo (C.-J. Van), 231; Ministre de l'Agriculture, 2, 507; Ministre de l'Industrie et du Travail, 50, 271, 326, 664; Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts de France, 419; Ministre de l'Inté-

rieur et de l'Instruction publique, 49, 230; Ministre des Finances et des Travaux publics, 231, 271, 664; Moissan (H.), 526; Mourlon (M.), 420, 508; Murray (sir J.), 111; Niesten (L.), 51; Observatoire du Mont-Hamilton, 111; Oechsner de Coninck (W.), 356, 595; Pasquier (E.), 272; Renault (B.), 420; Salignac-Fénelon (vicomte de), 356; Schuyten (M.-C.), 356, 508; Selys Longchamps (R. et W.), 326; Simoens (G.), 111; Starke (J.), 111, 665; Stroobant (P.), 326; Swaen (A.), 595; Tackels (C.-J.), 272; Tilly (J. De), 3; Université d'Aberdeen, 271; Van den Bossche (Bon), 665; Van den Broeck (E.), 272; Van der Mensbrugghe, 665; Vandevelde (A.-J.), 327.

E

Élections. Abrogation du § 2 de l'article 10 des statuts de l'Académie, relatif à l'élection de directeur, 334.

1901. Remerciements de MM. Laurent et Ern. Cesàro, 2.

1902. M. Éd. Van Beneden élu directeur, 4; nommé président, 662. M. Julien Fraipont élu membre titulaire et MM. Mittag-Leffler, Ch. von Zittel et Alfr. Girard élus associés, 880.

Électricité. Notes par P. De Heen : *a*) Impressions électriques obtenues en relief à la surface d'un diélectrique fusible, 66; *b*) Constatation d'un phénomène d'émission cathodique superficielle, 253; *c*) Constatation de quelques faits relatifs à l'émission et aux conditions d'équilibre ou de mouvement du nouveau fluide, 255; *d*) Note sur la confection des plateaux de résine pour l'observation des manifestations du nouveau fluide, 292; *e*) Étude des lois qui régissent la décharge des conducteurs électrisés par les émanations des flammes et des substances radio-actives, 293; *f*) Action d'un courant gazeux sur le souffle qui détermine les ombres électriques et le nouveau fluide, 676. — Notes par A. de Hemptinne : *a*) Sur la conductibilité électrique de la flamme et des gaz, 600; *b*) Sur la formation de l'ozone par les effluves électriques, 612; rapport de MM. De Heen et Spring, 596; *c*) Sur la synthèse de l'ammoniaque par l'électricité; par le même (A l'examen), 665. — Voir *Brouillard.*

Électrolyse. Voir *Uranium.*

Émission cathodique superficielle, (Phénomène d'). — Voir *Électricité.*

Émission du nouveau fluide (Faits relatifs à l'). — Voir *Électricité.*

Enseignement Voir *Pédologie.*

Entéropneustes. Voir *Phoronidés.*

Entomologie. Notes de M. Ern. Doudou : *a*) Influence du milieu sur l'OEdipoda cœrulescens ; *b*) Les insectes ressuscités par la chaleur. Lecture des rapports de M. F. Plateau, 666, 745.

Équations. Sur la résolution générale des équations; par M. Michaux (A l'examen), 231.

Équilibre d'un corps solide. — Voir *Mécanique.*

Espace (Lignes de l'). Voir *Plans.*

Éthylène. Voir *Composés; Dérivés.*

Eurythermie. Sur le degré d'eurythermie de certaines larves marines; par P. Pelseneer, 279.

Expédition antarctique belge. Voir *Néoméniens; Prix* dit de la *Belgica; Sédiments.*

Explosion à distance et sans fil; par A. Breydel (Ordre du jour prononcé sur cette communication), 52.

F

Faille (La) d'Haversin et celle de Walcourt; par G. Simoens (note bibliographique par M. Mourlon), 111.

Faisceaux (Sur les) de surfaces du second ordre (A l'examen); par Clém. Servais, 327.

Fluide (Le nouveau). Voir *Électricité.*

Fonctions. Sur les fonctions de Kinkelin; par J. Beaupain. Lecture des rapports de MM. Ch.-J. de la Vallée Poussin, J. Deruyts et Mansion, 511.

Fossiles. Voir *Paléontologie.*

G

Gares du Nord et du Midi, à Bruxelles (Projet de jonction des). Voir *Géologie.*

Gastropodes pulmonés (Études sur des), par P. Pelseneer. (*Mémoires des membres*, t. LIV.) Rapport de MM. Van Beneden et Van Bambeeke, 61.

Gaz. Voir *Chaleur spécifique, Électricité.*

Géodésie. Voir *Géophysique.*

Géologie. Le sous-sol de Bruxelles au point de vue du projet de jonction des gares du Nord et du Midi; par Michel Mourlon, 300. — Voir *Faille; Paléontologie; Sédiments.*

Géométrie. Voir *Cristallographie; Faisceaux; Plans; Systèmes homogènes.*

Géophysique. Bulletins de la Station géophysique d'Uccle, Belgique, par Eug. Lagrange (Note par J. De Tilly), 422.

Gizeh. Voir *Pyramide.*

Globuline. Globulin als Alkali Eiweissverbindung. — Ueber Transformation von Albumin in Globulin; par J Starke (Note bibliographique par L. Errera), 113.

H

Haversin. — Voir *Faille.*

Hibernation (Sur l') des chauves-souris; par Hector Rulot, 17; rapport de MM. L. Fredericq et J.-B.-V. Masius, 7.

Hydrogène. Les carbures d'hydrogène (1851-1891); par Marcellin Berthelot (Félicitations à l'auteur pour la publication de cette œuvre), 419; remerciements, 506.

Hystérésis et viscosité : Sur les déformations permanentes et l'hystérésis. — L'inégalité de Clausius et l'hystérésis. — Hystérésis et viscocité; par P. Duhem (*Mémoires des savants étrangers* in-4°). Rapport de MM. Ch Lagrange et P. De Heen, 365.

I

Imbibition (Remarques sur quelques phénomènes d'); par G. Van der Mensbrugghe, 572.

Inégalité de Clausius. Voir *Hystérésis.*

Infusoires. Voir *Organismes inférieurs.*

Irritabilité (Sur l') des plantes supérieures; par J. Massart (*Mémoires* in-8°). Rapport de MM. Errera, Gravis et Laurent, 517, 519.

Isopropanol-amine $H_3C - CH(OH) - CH_2(NH_2)$; par Edgar Peeters, 9; rapport de MM. L. Henry et Spring, 5, 6.

J

Jubilés :

Centième anniversaire de l'Institut royal supérieur de technologie à Charlottenbourg. (Hommage du livre commémoratif), 110.

Cinquantenaire de la Société des sciences naturelles de Cherbourg (Lettre de félicitations), 594.

Cinquantenaire de la Société impériale et royale zoologico-botanique de Vienne, 51; remerciements pour félicitations, 270

Cinquantenaire de l'Université de Glasgow (lord Kelvin accepte d'y représenter la Classe des sciences), 51.

Vingt-cinquième anniversaire de la Société scientifique de Bruxelles (Remerciements pour l'Adresse de félicitations). 270.

Anniversaire du Dr A.-A. Mislawsky, président de la Société ouralienne d'amateurs des sciences naturelles (félicitations), 270; remerciements, 507.

Quatre-vingtième anniversaire du professeur Rudolphe Virchow, 419; Adresse de félicitations de l'Académie, 500. — Voir *Manifestation.*

L

Laboratoire. Voir *Biologie*.

Larves marines. Voir *Eurythermie*.

Latitude. Variations de latitude dues aux marées; par F. Folie, 520.

Léonides (Observations des) faites à Boitsfort en 1901; par Ch. Fiévez, 734; avis de M. Ch. Lagrange, 666.

Lepiota meleagris. Voir *Mycélium*.

Levures. Expériences sur l'accoutumance héréditaire des Levures aux solutions salines concentrées; par Ch. Clerfeyt, 337; rapport de MM. Errera et Laurent, 328.

Limite. Étude du principe de la limite. — Limites et infiniment petits. Cas en défaut du principe de la limite et remarque sur le symbole ZÉRO; par Ch. Lagrange, 549.

Locomotives. Voir *Mécanique*.

M

Magnétisme. Note préliminaire sur les résultats des observations magnétiques faites au Congo de 1898 à 1900; par Ch. Lemaire, 71; rapport de MM. Lancaster et Lagrange, 62, 64.

Manifestation en l'honneur de M. Marcellin Berthelot (Adresse de félicitations remise au nom de la Classe, par M. Moissan), 662. — Voir *Jubilés*.

Marées. Voir *Latitude*.

Mathématiques. Sur divers points de la philosophie des sciences mathématiques; par J. De Tilly, 779. — Voir *Équations; Fonctions; Géométrie; Hystérésis; Limite; Mécanique; Vitesses virtuelles*.

Mécanique. Notes de M. Eugène Ferron : *a*) Première et seconde applications d'un théorème nouveau de mécanique : 1° théorie mathématique des bicycles, etc. (A l'examen), 3; *b*) Théorie mathématique des locomotives (A l'examen), 51; *c*) Mémoire énonçant et démontrant deux théorèmes nouveaux relatifs aux axes permanents de rotation des corps solides (A l'examen), 327; *d*) Solution complète du problème de l'équilibre d'un corps solide qui n'a d'autre liberté que celle de tourner autour de la droite joignant deux points fixes. Rapports de MM. Le Paige, Lagrange et De Tilly, 512, 513, 515. — Sur la prétendue indétermination des réactions dans les équations d'équilibre des corps indéformables; par Ch. Lagrange, 428, 535.

Météorologie. Voir *Brouillard; Géophysique; Phénomènes périodiques*.

Microbiologie. Voir *Biologie; Levures*.

Mission scientifique du Katanga. — Voir *Magnétisme.*

Monument élevé à Francesco Briceschi. M. Schiaparelli délégué à l'inauguration, 2. — Remerciements du Comité et hommage de la publication éditée, 110.

Moules. Voir *Physiologie.*

Mycélium (Le) de Lepiota Meleagris (Sow.) Sacc. [Coccobotrys xylophibus (Fr. Boud. et Pat.]; par Ch. Van Bambeke (*Mémoires des membres* in-4°). Lecture du rapport de M. Errera, 596.

Myriotonie. Sur la myriotonie comme unité dans les mesures osmotiques; par L. Errera, 135.

Mytilus edulis. Voir *Physiologie.*

N

Naissance de S. A. R. Mgr. le Prince Léopold de Belgique (Adresse de félicitations à S. M. le Roi), 593.

Nécrologe. Gramme (Z.-Th.), 47; Hermite (Ch.), 46; Kowalewsky (Alex.), 662; Lacaze-Duthiers (baron H. de), 418; Marchal (le lieutenant général chevalier Félix), 506; Messedaglia (A.), 270; Nordenskiöld (baron Ad.-Erik), 506; Pachoutine (V.), 110.

Néoméniens (Les) de l'Expédition antarctique belge et la distribution géographique des Aplacophora; par P. Pelseneer, 528.

Nitrile (Sur le) adipique NC-$(CH_2)_4$-CN; par L. Henry, 367.

Nitro-isopentane Voir *Dérivés.*

Notices biographiques pour l'Annuaire. M. Plateau remet le manuscrit de sa notice sur le baron M.-Edm. de Selys Longchamps (Remerciements), 507.

Nutrition Mémoire de concours sur le rôle physiologique des substances albuminoïdes dans la nutrition. Rapports de MM. Errera, Jorissen et L. Fredericq, 746, 752, 753.

O

Œdipoda cœrulescens. Voir *Entomologie.*

Organismes inférieurs (Recherches sur les); par J. Massart, 91; avis de M. Errera, 61.

Ouvrages présentés. Janvier, 41; février, 106; mars, 226; avril, 264; mai, 323; juin, 351; juillet, 414; août, 500; octobre, 591; novembre, 656; décembre, 881.

Ozone Voir *Électricité.*

P

Paléontologie. Brevi cenni su di un fossile nuovo rinvenuto nell' ex castello di Termini Imerese; pel prof. Fr. Battaglia-Rizzo, 52; ordre du jour sur cette communication, 115. — Matériaux pour l'histoire des temps quaternaires en Belgique; par J. Fraipont, 463. — La Belgique préhistorique et protohistorique; par le même, 823.

Pédologie. Paedologisch Jaarboek (2e volume); par M.-C. Schuyten (Note bibliographique par Ch. Van Bambeke), 359.

Perméabilité. Influence de la température sur la perméabilité du protoplasme vivant pour l'eau et les substances dissoutes; par Fr. Van Rysselberghe, 173; rapport de MM. Errera, L. Fredericq et Gravis, 121, 124. — Sur la perméabilité de la membrane branchiale; par L. Fredericq, 68.

Petits (Infiniment). Voir *Limite*.

Phénomènes périodiques. Notes de M. Folie : Les mois de novembre et de décembre 1900, 8; mars et avril 1901, 320; observations en mai 1901, 378.

Phoronidés. Mémoire de concours (1901) sur la structure des Phoronidés et leurs relations avec les Entéropneustes. Rapports de MM. Van Beneden, Plateau et Van Bambeke, 753, 763.

Philosophie. Voir *Mathématiques*.

Physiologie. Note sur l'action physiologique de la décoction de moules (MYTILUS EDULIS); par C. Thibert, 494; avis de M. L. Fredericq, 426. — Voir *Biologie; Circulation; Concours annuel de 1901; Congrès; Hibernation; Irritabilité; Levures; Myriotonie; Perméabilité; Pulsations*.

Physique. Voir *Accumulateur; Chaleur spécifique; Densité; Électricité; Hystérésis; Imbibition; Systèmes homogènes*.

Physique du globe. Voir *Brouillard; Géophysique; Magnétisme; Phénomènes périodiques*.

Plans. Sur les plans qui coupent, en des points d'une conique, un système de lignes de l'espace; par M. Stuyvaert (*Mémoires* in-8°). Rapport de MM. Neuberg, J. Deruyts et Le Paige, 666, 669.

Prix Bressa. Voir *Concours*.

Prix dit de la Belgica (Fondation d'un). Lettres de M. de Gerlache et de M. le Ministre de l'Intérieur (Nomination d'une Commission chargée de faire rapport), 663. Acceptation en principe de cette Fondation, 745.

Prix Charles Lagrange. Inscription de la donation de 10,000 frs, au Grand-Livre de la Dette publique, 49. Règlement, 273.

Prix Charles Lemaire (Ve période, 1899-1901). Programme, 58; travail reçu et désignation des membres du jury, 359. Rapports du jury, 771, 774. M. Christophe proclamé lauréat, 879.

Prix Mailly (IIe période, 1896-1899). Remerciements de M. F. Jacobs, lauréat, 2. — (IIIe période, 1900-1903). Programme, 59.

Prix Louis Melsens. M. le Ministre renvoie le projet de règlement, 230. — Règlement, 232.

Prix de Selys Longchamps. Let-

tre de MM. R. et W. de Selys Longchamps annonçant le legs fait par leur père, 47; arrêté royal acceptant ce legs, 230; commissaires chargés de présenter un projet de règlement, 230; Règlement, 357.

Prix Nobel. M. Wattier demande à être proposé comme candidat (La Classe des sciences passe à l'ordre du jour sur cette demande), 744. — Hommage d'une brochure, par L Henry, 272.

Prix décennal des sciences zoologiques. Formation du jury, 744.

Prix de 30,000 Mark pour une question sur les principes de la descendance, 662.

Protoplasme. Voir *Perméabilité.*

Pulsations. Sur les pulsations de la veine cave supérieure et des oreillettes du cœur chez le chien; par L. Fredericq, 126.

Pyramide de Cheops (Nouvelles mesures du mur sud de la grande galerie de la grande; par C. Caratheodory, 31; avis de M. Ch. Lagrange, 4.

R

Réseaux. Voir *Systèmes homogènes.*

S

Sang. Voir *Biologie; Cryoscopie; Pulsations.*

Sédiments marins (Sur les) recueillis par l'Expédition de la « Belgica »; par H. Arctowski et A.-F. Renard (*Mémoires* in-8°, t. LXI), 7.

Solanine. Sur la prétendue existence de la solanine dans les graines de tabac; par J. Starke, 379; avis de M. L. Errera, 361.

Sous-sol de Bruxelles. Voir *Géologie.*

Station zoologique. Voir *Biologie.*

Statue. Voir *Chevreul.*

Sulfate. Voir *Uranium.*

Surfaces de translation (Détermination de trois classes particulières de); par Émile Merlin (à l'examen), 3.

Surfaces du second ordre. Voir *Faisceaux.*

Systèmes homogènes (Des). — Généralisation d'un théorème de la théorie des réseaux; par G. Cesàro, 303.

T

Tabac. Voir *Solanine.*

Tuberculose. Voir *Congrès.*

U

Uranium. Contribution à l'étude du nitrate d'uranium et du sulfate d'uranium; par W. Oechsner de Coninck, 222. — Électrolyse du nitrate d'uranium; par MM. Oechsner de Coninck et Camo, 321. — Contribution à

l'étude du sulfate uranique; par M. Oechsner de Coninck, 349. — Contribution à l'étude du sulfate uraneux; par le même, 483; avis de MM. Spring et Henry, 115, 279, 327, 426.

V

Viscosité et Hystérésis. Voir *Hystérésis.*

Vitesse du système solaire. Voir *Aberration.*

Vitesses virtuelles (Démonstration générale du théorème des); par A. Duchateau (à l'examen), 273.

W

Walcourt. Voir *Faille.*

Wendelin (*Godefroid*). Son nom a été donné par la ville de Forcalquier à l'une de ses rues (Lettre de M. Lancaster), 124.

Z

Zéro (Le symbole). Voir *Limite.*

Zoologie. Voir *Biologie; Concours annuel de 1901; Congrès; Gastropodes; Néoméniens; Organismes; Paléontologie.*